

Veränderungen der Blutelektrolyte
Na und K in der Narkose
bei Pferd, Hund und Schwein

HANS EKKEHARD MÜLLER

1965



Dissertationsdruck Franz Frank, München 23,
Werneckstraße 27, Tel. 34 36 51

Aus der Chirurgischen Tierklinik
der Universität München
Vorstand: Prof.Dr.Dr. M.Westhues

VERÄNDERUNGEN DER BLUTELEKTROLYTE Na UND K
IN DER NARKOSE BEI PFERD, HUND UND SCHWEIN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
DOCTOR MEDICINAE VETERINARIAE
durch die Tierärztliche Fakultät der
Universität München

vorgelegt von
Hans Ekkehard Müller
bestallter Tierarzt aus München

München 1965

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan : Prof. Dr. L. Kotter

Referent: Prof. Dr. Dr. M. Westhues

Tag der mündlichen Prüfung : 28.7.1965

Meiner Mutter und meiner Frau
in Dankbarkeit

INHALTSVERZEICHNIS:

- A. Einleitung
- B. Besprechung des Schrifttums:
 - Das Verhalten der Elektrolyte Natrium und Kalium im Organismus unter physiologischen Bedingungen.
- C. Die Bestimmungsmethoden der Kationen im Blutserum:
 - 1. Prinzip der bisher wichtigsten Kationenbestimmungsmethoden
 - 2. Das Prinzip der Flammenfotometrie
- D. Eigene Untersuchungen:
 - 1. Das Tiermaterial
 - 2. Die Blutentnahme
 - 3. Die Messung:
 - a) die Aufbereitung der Versuchsproben
 - b) die Herstellung der Eichkurven
 - c) der Meßvorgang am Flammenfotometer der Fa. Beckman Instruments Modell B
 - 4. Statistische Prüfung der Untersuchungsergebnisse
 - 5. Die Untersuchungsergebnisse
 - 6. Besprechung der Untersuchungsergebnisse
- E. Zusammenfassung
- F. Schrifttumsverzeichnis
- G. Lebenslauf

A. Einleitung:

Den Elektrolyten wird in zunehmendem Maße Bedeutung für den Ablauf der biologischen Vorgänge im Organismus zugemessen. Obwohl die Menge der Mineralstoffe im Körper scheinbar sehr klein ist, zieht doch schon die geringste Störung im Mineralstoffwechsel große Folgen nach sich. Die Kenntnis von den Elektrolyten wird in immer größerem Umfange zu therapeutischen und diagnostischen Zwecken herangezogen. Durch das wachsende Interesse an Elektrolytbestimmungen rückten auch die Bestimmungsmethoden in den Mittelpunkt. In den letzten zwölf Jahren hat sich die Flammenfotometrie durch Einfachheit, Schnelligkeit, Genauigkeit und Materialersparnis, den chemischen Methoden überlegen, als eine der nützlichsten Analysenmethoden entwickelt. Eisenhardt (15), Klaus (32). Die Literatur über den Elektrolyt- und Wasserhaushalt, sowie über die Flammenfotometrie ist umfangreich.

Obwohl die Veränderungen der Blutelektrolyte in der Narkose klinisch von großer Wichtigkeit sind, wurde dieses Thema jedoch in der Literatur wenig beachtet. Lediglich von Robbins und Pratt 1935 (53), Larson und Brewer 1938 (39), Blanchetiere und Cardot (8), sowie 1961 von dem Kollektiv E. Staib, R. Dietrich, A. Nast, M. Bernard und I. Staib (63) wurden Arbeiten über dieses Thema bekannt. Außerdem werden von G. Maurer und L. Hofmeister (41) noch Beiträge von Eisler, Tiemann, Biltstein, Adriani und Schäfer zitiert, die sich mit diesem Problem befassen.

Die vorliegende Arbeit soll eine Lücke in unseren Kenntnissen über den Einfluß der Narkose auf die Blutelektrolyte und hier besonders auf die Kationen schließen.

B. Besprechung des Schrifttums:

Das Verhalten der Elektrolyte Natrium und Kalium im Organismus unter physiologischen Bedingungen.

Die Elektrolytbilanz

Die Elektrolyte werden im Allgemeinen mit der Nahrung aufgenommen, meist in Form der anorganischen Salze, der Chloride. Bei normaler Ernährung übersteigt die Elektrolytzufuhr den Elektrolytbedarf.

Der Gehalt der Elektrolyte Na und K in der aufgenommenen Nahrung ist sehr unterschiedlich. Pflanzenkost ist reicher an K als tierische Nahrungsmittel.

Die folgende Tabelle von Leuthardt (40) ermöglicht einen kurzen Überblick über den Gehalt der wichtigsten menschlichen Nahrungsmittel an Kationen:

<u>Tierische Nahrungsmittel(roh)</u>	mval/100g	mval/100g	K : Na
	K	Na	
Eigelb	3,2	2,2	1,4
Milch	4,1	2,2	1,9
Fleisch	8,6	3,0	2,9

<u>Pflanzliche Nahrungsmittel(roh)</u>	mval/100g	mval/100g	K : Na
	K	Na	
Reis	2,9	0,3	11,0
Weizenmehl	6,5	0,3	23,0
Kohl	7,7	1,4	5,5
Kartoffeln(roh)	8,3	0,15	55,0
Kartoffeln(gekocht)	14,6	0,3	52,0

K und Na sind gut wasserlöslich. Sie können deshalb auch vom Darm gut resorbiert werden. Abderhalden (1). Na wird im Dünndarm und im Dickdarm resorbiert, K hauptsächlich im Dünndarm.

Die Ausscheidung der Elektrolyte aus dem Organismus erfolgt auf drei Wegen: durch den Stuhl, den Urin und den Schweiß.

Im Stuhl kann man unter physiologischen Bedingungen wenig Na und K nachweisen. Brix 1933 (10). Der Kationengehalt im Stuhl beträgt nach Schwab und Kühns (59) für Na etwa 2 mval, für K etwa 5 mval am Tag. H.C.Möller (43) 1957 gibt 0,5g/Tg für K an. Diese Elektrolytverluste werden erheblich gesteigert bei Durchfällen.

Mit dem Urin scheidet die Niere große Mengen von Kationen aus. So kann z.B. die Kationenretention bei Anurie zu einer tödlichen Vergiftung führen. Der Na-Verlust durch den Harn beträgt bei völlig NaCl-freier Kost etwa 1 mval. Dabei bleibt der Na-Spiegel im Serum aber erhalten. Bei K-freier Kost sinkt die K-Ausscheidung auf etwa 8 mval. Die durchschnittliche Ausscheidung von Kationen im Harn bei Männern und Frauen läßt sich aus einer Tabelle von Schwab und Kühns(59) ersehen:

Männer		Na	K
mittl.Harnvolumen	mval/l	160	52
in 24h : 1120ml	$\frac{\text{mval}}{24 \text{ h}}$	177	57
ph 5,7			

Frauen		Na	K
mittl.Harnvolumen	mval/l	150	54
in 24h : 885ml	$\frac{\text{mval}}{24 \text{ h}}$	128	47
ph 5,8			

Durch die Anpassungsfähigkeit der Nieren wird die notwendige Na-Konzentration im Körper reguliert. Durch reichliche Zufuhr von K mit der Nahrung kann, da der Überschuß von K wieder ausgeschieden wird, auch vermehrte Na-Ausscheidung erreicht werden. Hg-Verbindungen lassen den Verlust von Na durch die Nieren besonders stark steigen.

Die Regulation des K-Haushaltes durch die Nieren geht langsamer vor sich. K-Mangel in der Nahrung läßt den K-Gehalt im Harn nur langsam sinken.

Durch den Schweiß (Perspiratio sensibilis) gehen dem Körper große Elektrolytmengen verloren, während von der Perspiratio insensibilis angenommen wird, daß sie weitgehend elektrolytfrei ist. Die Na-Konzentration liegt im Schweiß niedriger als im Plasma: 25-50 mval/l. Der K-Gehalt liegt über dem des Plasmas. Beim Menschen kommt etwa in 1 l Schweiß 1 g NaCl zur Ausscheidung. Brüggemann (11). Die Elektrolytverluste durch den Schweiß sind aber nur wichtig bei Pferd und Schaf, da diese Tiere auf der ganzen Körperoberfläche Schweiß absondern. In viel geringerem Maße schwitzen Schwein,

Kaninchen, Rind, Hund, Katze, da diese nur auf kleineren Hautgebieten zur Schweißabsonderung befähigt sind.

Die Ausscheidung von Na und K im Schweiß wird, analog den Verhältnissen an der Niere, von der NNR-Aktivität beeinflusst, besonders durch das Aldosteron. Dieses vermindert die Ausscheidung des Na und steigert die des K.

In zwei Tabellen von J.H.Bland(9) wird sehr anschaulich der durchschnittliche Kationenaustausch des Menschen gezeigt:

Der tägliche Na-Austausch

	Aufnahme Na		Ausscheidung im Harn:	
	in mval/24h	g NaCl	Na mval/24h	g NaCl
Kleinkind	17	1	17	1
Kind	52	3	45	2,5
Erwachsener	75-100	6-12	111	6-8

Der tägliche K-Austausch

	Aufnahme K		Ausscheidung im Harn:	
	in mval/24h	g KCl	K mval/24h	g KCl
Erwachsener	60-115	2,5-3,5	60	4,5

Die Verteilung der Kationen im Organismus:

Der Gesamtbestand des menschlichen Organismus an Na beträgt etwa 90g, das sind 3910 mval. Nach Fleischer-Fröhlich (17) verteilen sich:

44% oder 1720 mval(40g) auf die extrazelluläre Flüssigkeit

9% oder 352 mval(8,1g) auf die intrazelluläre Flüssigkeit

47% oder 1840 mval(42g) auf die Knochen.

Männer besitzen rund 45 mval/kg, Frauen 40 mval/kg Körpergewicht austauschbares, d.h. nicht gebundenes und fest verankertes Na. (Demanet und Mitarb., Macgillivray und Mitarb., zit. nach Fleischer-Fröhlich(17)).

Das K befindet sich zu fast 98% in der intrazellulären Flüssigkeit, besonders in der Muskulatur ca. 75%. Im extrazellulären Raum befinden sich nur 2% des K-Bestandes. Männer besitzen bei 70kg Körpergewicht 130 - 3000 mval. Das austauschbare K beträgt beim Mann 53 mval/kg, bei der Frau 43 mval/kg. (Autoren s.o.) In der extrazellulären Flüssigkeit befinden sich nur 3,5-5,5 mval/l K, beim Menschen insgesamt etwa 50 mval.

Das Verhältnis Na : K ist auffallend konstant. Bei erhöhter einseitiger Zufuhr eines Elementes wird auch das andere vermehrt ausgeschieden. So führt z.B. eine zu reichliche Zufuhr von K zu einer Na-Verarmung des Körpers. Hierdurch erklärt sich das erhöhte NaCl-Bedürfnis der Pflanzenfresser, dem in der Praxis durch Lecksteine Rechnung getragen wird, da in den pflanzlichen Futtermitteln der K-Gehalt in der Regel bei weitem überwiegt. Brüggemann (11).

Da sich das Na in den Körperflüssigkeiten, das K aber überwiegend in den Körpergeweben befindet, kann man das K als das Alkali der Gewebe und das Na als das Alkali der Körpersäfte bezeichnen.

Von dieser Regel macht nur die Milch eine Ausnahme, da ihr K-Gehalt ein Mehrfaches des Na-Gehaltes ausmacht. Dieses ist für das Jungtier lebenswichtig, da es in der ersten Zeit von der Milch das Knochengestüst aufbauen muß. Nach Abderhalden (zit. nach Brüggemann) (11) finden wir in der Milch der verschiedenen Tierarten folgende Verteilung der Kationen:

Milchasche von	K ₂ O %	Na ₂ O %
Pferd	0,1050	0,0140
Rind	0,1776	0,0927
Ziege	0,1302	0,0617
Schaf	0,0967	0,0864
Schwein	0,0945	0,0786
Hund	0,1382	0,0779

Im Blutserum verteilen sich die Elektrolyte wieder der Regel gemäß: viel Na und wenig K.

Um Veränderungen der Blutelektrolyte feststellen zu können, ist zuerst die Kenntnis der Normalwerte nötig. Ich möchte deshalb eine Tabelle nach Heine zitieren, die ich aus der vorliegenden Literatur und durch eigene Untersuchungen (e.U.) vervollständigt habe.

Hinter den Angaben steht in Klammern die Autorennummer.

Die recht unterschiedlichen Normalwerte sind mit bedingt durch die verschiedenen Bestimmungsmethoden. Die von mir ermittelten Werte wurden mit dem Flammenfotometer der Fa. Beckman Instruments erstellt.

Normalwerte aus der Literatur für Na und K

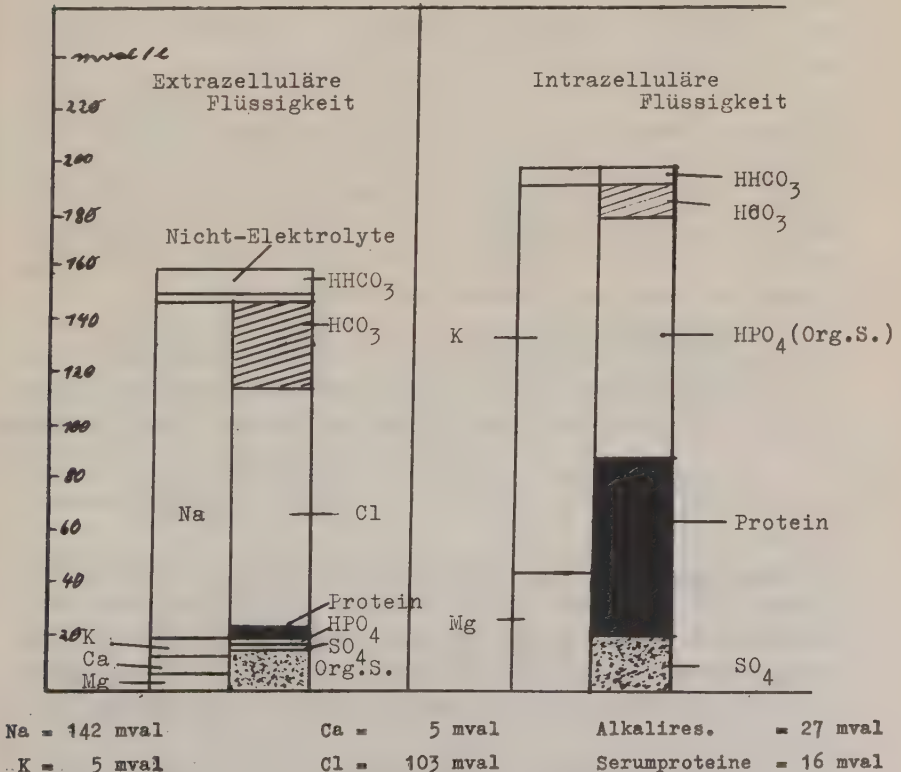
<u>Tierart</u>	<u>Na</u>	<u>K</u>
<u>Pferd</u>	133,26(57)	4,896(36)
	145,20(37)	5,32 (36)
	132,70(21)	5,92 (36)
	255,25(33)	4,39 (12)
	140,62(20)	3,46 (21)
	144,45(e.U.)	4,38 (12)
		4,92-6,30(46)
		4,62-6,27(34)
		4,01-4,70(52)
		4,59 (20)
		4,26 (e.U.)
<u>Rind</u>	150,6 (20)	5,05 (20)
	140,12(26)	3,57 (21)
	152,68 (37)	
	137,78(21)	
	143,13(57)	
<u>Schwein</u>	141,13(57)	4,95 (15)
	147,02(e.U.)	5,10 (e.U.)
<u>Hund</u>	137,82(1)	5,13 (13)
	153,91(44)	5,18 (1)
	150,86(57)	4,33-4,79 (55)
	152,17(30)	5,51 (44)
	144,04(32)	4,89 (57)
	146,43(35)	4,87 (30)
	138,5 (20)	4,79 (32)
	150,70(e.U.)	4,43 (35)
		5,33 (e.U.)
		4,86 (20)
<u>Katze</u>	149,15(5)	5,26 (5)
<u>Schaf</u>	157,39 ♂	(37)
	160,43 ♀	
<u>Ziege</u>	146,91(21)	3,86 (21)

Das Ionogramm

=====

ermöglicht es, die Veränderungen der Kationen und der Anionen untereinander im Elektrolythaushalt zu übersehen. Zur Aufstellung eines Ionogramms benötigen wir mindestens die Milliaequivalentwerte für Na, Cl und Bikarbonat (Alkalireserve). Für K, Ca und Mg kann man 12 mval und für SO_4 , HPO_4 , Protein und organische Säuren auf der Anionenseite 24 mval ansetzen. (Berning (6)). Die Bestimmung von K und Protein empfiehlt sich stets zum Na, Cl und Bikarbonat bei jedem Ionogramm. Entsprechende mval sind dann vom Kationen- bzw. Anionenrest in Abzug zu bringen.

Die anschaulichste Art der Darstellung finden wir im Ionogramm nach Gamble (zit. nach Maurer und Hofmeister (41)).



Die Aufgaben der Kationen K und Na im Organismus

sind sehr verschiedener Art. Sie sollen deshalb hier getrennt besprochen werden.

Das KALIUM:

hat im Körperkreislauf verschiedene wichtige Funktionen:

Es wird benötigt zum normalen Ablauf des Kohlehydratstoffwechsels und des Eiweißstoffwechsels; ist wichtig für die Muskelfunktion und für den Stoffwechsel des Nervengewebes. (Holley und Carlson (31) zit. nach Fleischer-Fröhlich (17)).

1. Der Kohlehydratstoffwechsel benötigt zu seinem Ablauf unbedingt K. Während zur Glykogenbildung ein erhöhter Bedarf an K besteht, wird bei der Glykogenolyse K frei. Beim aeroben Abbau von Glukose katalysiert K die Übertragung von ATP-Phosphatradikalen bei der Bildung des Hexosediphosphates sowie beim Auf- und Abbau des Phosphopyrovats unter Mitwirkung des Adenosinphosphatsystems. K-Mangel beeinträchtigt somit die Bildung und die Verwertung von Milchsäure.

Die Beziehung von K zum Kohlehydratstoffwechsel hat besonders beim Diabetes mellitus große Bedeutung. Durch die Polyurie beim Diabetes zeigt sich oft eine erhebliche K-Verarmung des Körpers. Wenn nun Insulin und K-freie Infusionslösungen gegeben werden, fällt der K-Spiegel infolge des Verbrauchs von K in der Zelle zur Glykogenbildung auf so bedrohliche Werte, daß K-haltige Infusionslösungen unbedingt am Platze wären. (Maurer und Hofmeister (41))

2. Der Eiweißstoffwechsel benötigt ebenfalls K. Bei der Proteinbildung besteht ein erhöhter Bedarf an K, beim Eiweißabbau wird K frei. Der Zusammenhang zwischen K und Eiweißstoffwechsel läßt sich durch die Konstanz des K:N-Verhältnisses beweisen. Dieses Verhältnis beträgt

$$3 \text{ mval K} : 1 \text{ g N} (= 6,25 \text{ g Eiweiß})$$

In diesem Verhältnis werden K und N beim Zellzusammenbruch freigesetzt.

3. Muskelfunktion: Eine große Bedeutung hat K für die Funktion der quergestreiften und der glatten Muskulatur. Bei Veränderungen des K-Haushaltes kann es zur Störung der Herztätigkeit kommen. Wenn das K:Na-Verhältnis in der Muskelzelle stark verändert ist, kommt es zur Funktionsunfähigkeit der Muskelzelle, ja sogar zu regressiven Erscheinungen.

Die kontraktile Elemente der Muskelfasern, Aktin und Myosin, zeigen einen großen Bedarf an K. Die Fasern kontrahieren sich nur,

wenn sie dem Einfluß von ATP und K in genügender Konzentration ausgesetzt sind. (A.Fleckenstein (16).

4. Stoffwechsel des Nervengewebes: auch die Funktion des Nervengewebes wird vom K beeinflusst. K^+ ist mit Na^+ an der Fortleitung des nervösen Impulses in der Nervenfasern beteiligt, indem diese beiden Ionen durch die Gewebsmembran im Wechselspiel mit den Cl-Ionen gegeneinander ausgetauscht werden und damit die Erregbarkeit der Nervenfasern verändern. In der Erholungsphase nehmen die Na- und K-Ionen ihre Ausgangsstellung zu beiden Seiten der Zellmembran wieder ein.

Ähnliches berichtet Stämpfli (65): nach ihm ist die Erregungsleitung im Nerv ein rein elektrischer Vorgang, bedingt durch ein sich umkehrendes Membrandiffusionspotential an der Nervenmembran, für dessen Auf- und Abbau K- und Na-Ionen verantwortlich sind.

Nach Steinmetzer(66) ist an dem Zustandekommen des chemischen Überträgerstoffes Acetylcholin K beteiligt, indem anscheinend Acetylcholin zunächst an Eiweiß gebunden auftritt und dieses erst durch K in die hochaktive Form übergeführt wird.

Scheweljowa(56) berichtet über die Bedeutung der K- und Ca-Ionen für die interneurale synaptische Übertragung der Nervenimpulse und hält fest, daß das Ionengleichgewicht eine unbedingte Voraussetzung ist zur Realisierung der interneuralen synaptischen Übertragung der Nervenimpulse.

Bedeutung von K-Mangel und von K-Überschuß im Serum

Ein Überschuß an K im Serum wird in der Regel durch die Nieren schnell wieder ausgeschieden. Die Zunahme der extrazellulären Konzentration an K kann bedingt sein durch:

1. eine Verkleinerung des extrazellulären Flüssigkeitsvolumens,
2. das Unvermögen der Zellen K aufzunehmen,
3. eine ungewöhnlich starke Verlagerung ins extrazelluläre Wasser und
4. eine mangelhafte renale Ausscheidung.

Alle diese Faktoren werden aktiv bei der NNR-Insuffizienz. Es kommt zur Hyperkaliämie, zur K-Vergiftung. Die Folgen sind Störungen der neuromuskulären Funktion mit schlaffen Lähmungen und Sensibilitätsstörungen. Am Herzen kommt es zu Bradykardie, Arrhythmie, Kammerflimmern und schließlich zu diastolischem Herzstillstand.

Die Abnahme des extrazellulären Gehaltes an K (Hypokaliämie) wird häufiger gesehen als die Hyperkaliämie. Abnormal niedrige extrazelluläre K-Konzentrationen sind die Folge von:

1. K-Verlusten im Urin oder anderen Körperflüssigkeiten oder
2. Verlagerungen von K in das intrazelluläre Wasser oder
3. einer unzureichenden K-Aufnahme.

Es kommt dann zu Erbrechen, Muskellähme, zu Störungen im Kohlenhydratsstoffwechsel, die bis zur vollständigen Blockade der Glykogenese gehen können und schließlich zu subendokardialer Herzmuskeldegeneration und Nekrose der Herzmuskelfasern und zum Tod infolge systolischen Herzstillstandes.

Das Natrium:

Während das K seine Hauptaufgabe in der Regelung der Lebensabläufe in der Zelle selbst hat, besteht die Hauptaufgabe des Na in der Aufrechterhaltung des physikalisch-chemischen Gleichgewichtes in den Körpersäften (Möller (43) 1957). Das Na-Ion beeinflusst die Wasserstoffionenkonzentration und zwar besonders durch das Phosphat und durch das Bikarbonatsystem.

Das Na ist pharmakologisch ziemlich inaktiv. Jedoch ist es in höherer Konzentration vorhanden als irgend ein anderes Elektrolyt innerhalb und außerhalb der Zelle. Es stellt die osmotische Stütze des extrazellulären Wassers dar. Annähernd die Hälfte der osmotischen Kraft, die den Elektrolyten im extrazellulären Wasser zugeschrieben wird, wird durch Na ausgeübt. (Bland (9) 1959).

Die intrazelluläre Na-Konzentration verändert sich direkt mit dem extrazellulären pH, z.B. ist bei Stoffwechsel- oder respiratorischer Alkalose mit einem pH von über 7,5 im Serum zu erwarten, daß das intrazelluläre Na vermehrt und das intrazelluläre K vermindert ist. Bei der Azidose ist dies umgekehrt. Wenn intrazelluläres K verloren geht, wandert dafür das Na in die Zellen hinein.

Die beiden großen Räume, die intrazelluläre Flüssigkeit und die extrazelluläre Flüssigkeit, die das K und das Na beherbergen, sind getrennt von einer semipermeablen Membran, die normalerweise nur Wasser, Glukose, Urea und andere Stoffwechselprodukte hindurchläßt. Bei tiefgreifenden Störungen des Elektrolytstoffwechsels hilft sich der Organismus durch Verschiebung von Elektrolyten durch diese Membran, um wieder ein erträgliches Gleichgewicht zu schaffen. Dem Organismus stehen also nicht nur die Elektrolyte der extra-

zellulären Flüssigkeit zur Verfügung, sondern auch die großen Reserven der intrazellulären Flüssigkeit zur Kompensation von Störungen des Säure-Basen-Gleichgewichtes. (Naegili (45) 1953).

Der Na-Mangel ist in der Medizin von größter Bedeutung. Er entsteht durch Verluste des Körpers an elektrolytenthaltenden Flüssigkeiten oder durch vermehrte Na-Abgabe durch die Nieren. Der Na-Mangel bewirkt eine Verminderung des extrazellulären Wassers, aber durch die Konstanz des Na:K-Verhältnisses einen K-Mangel und somit zuletzt auch eine Verminderung des intrazellulären Wassers. (Bland (9)). Die Verminderung des extrazellulären Wassers hat einen Abfall des Blutvolumens zur Folge, damit ein vermindertes Schlagvolumen des Herzens und einen Abfall des Blutdruckes. Die Todesursache bei starkem Na-Mangel ist somit Kreislaufzusammenbruch.

Na-Mangel findet sich bei Azidose, diabetischem Koma, Diarrhoeen, Pneumonien, Diabetes insipidus und Myxödem.

Na-Überschuß in der extrazellulären Flüssigkeit ist sehr selten. Auch künstliche Zufuhr von NaCl wird bald wieder ausgeglichen. Erhöhte Na-Werte finden wir aber bei Schwangerschaft, tuberkulösen Pleuraexsudaten, Herz- und Nierenerkrankungen und bei Ödembildungen. Während man bisher für die Ödembildung nur die Menge und die Art der Plasmaproteide und die Eiweißdurchlässigkeit der Kapillarwand verantwortlich machte, zeigen neuere Untersuchungen, daß ohne Na-Retention keine Ödembildung auftritt. Durch eine Na-freie Wasserzufuhr wird das Ödem nicht verstärkt; durch eine Einschränkung der Wasseraufnahme wird das Ödem ebenfalls kaum beeinflusst, aber die Zufuhr von Na beschleunigt die Ödementstehung sofort, weil dadurch die Na-Konzentration des extrazellulären Wassers ansteigen würde, was wiederum den Durst und die Bildung von wasserzurückhaltendem Hypophysenhinterlappenhormons anregen würde. (Bland (9)).

Über das Thema Elektrolytveränderungen in der Narkose ist bisher wenig in der Literatur zu finden:

Robbins und Pratt (53) zit. nach Heine (28) fanden 1835 eine recht erhebliche Verminderung des K im Serum. Es sank nach einer Äthernarkose um 15%, nach 30 Minuten der Erholung war es noch um 17% vermindert. Eine vollständige Erholung trat erst nach 4-5 Stunden ein.

Eine Erhöhung des Na:K-Verhältnisses bei Hunden in der Chloroformnarkose ermittelten Blanchetiere und Cardot (8) (zit. nach Brix (10) 1933).

Biltstein(7) fand 1937 eine deutliche postnarkotische K-Senkung.

Larson und Brewer(39) berichteten 1938, daß Diallylbarbitursäure ein Absinken der K-Werte in der Narkose auf etwa 60% des Normalen bedingt.

Adriani (2) stellte 1941 entgegen der Arbeiten Biltsteins keine Auswirkungen der Vollnarkose auf den K-Spiegel fest.

Schäfer (54) untersuchte 1958 die Serumwerte von K, Na und Ca zu Beginn und unmittelbar am Ende der Operation. Während des operativen Eingriffes wurden dabei regelmäßig isotonische Glukoselösung, bei Bedarf sogar Blutkonserven, gegeben. Er fand, daß der Na- und Ca-Spiegel im Durchschnitt nur geringe Schwankungen aufwies, während der K-Spiegel postoperativ größeren Schwankungen unterlegen war. Er führte dies zurück auf Narkose und Operationstrauma, die als Stressoren eine vermehrte Ausscheidung von corticotropen Hormonen und eine Funktionsstörung der NNR bewirken. Die von Schäfer gefundenen Werte lagen in einem Bereich, die keine Substitution erforderlich machte.

Das Kollektiv E.Staib, R.Dietrich, A.Nast, M.Bernard und I.Staib (1961)(63) beschäftigte sich mit den Elektrolytveränderungen in Halothannarkosen im Vergleich mit Pentothal und Äther. Die Untersuchungen wurden an 40 Kaninchen gemacht, 30 wurden unter Halothan, 6 unter Trapanal und 4 unter Diaethyläther untersucht. Bei Halothannarkosen zeigte sich eine Erhöhung des K im Serum in Abhängigkeit von Narkosedauer und -tiefe. Nach 4h Narkose war der K-Wert um 35% und damit signifikant gestiegen. Bei den Trapanal- und Äthernarkosen sank das K im Serum ab, bei Äther war der K-Wert nach 2h um 25% signifikant erniedrigt. Das Verhalten des Na wies bei allen drei Narkotika nur geringe Schwankungen auf, die im Bereich der methodischen Fehlergrenze lagen.

Nach den gleichen Autoren stieg auch bei untersuchten Menschen (4 Patienten) in 2-stündiger Halothannarkose der K-Wert um 10%, nach 30 Min. Narkose zeigten einige Patienten keine Erhöhung.

Neuere Arbeiten veröffentlichten Fouad,K.(18) 1963 und Fritsch,R.(20) 1965. Fouad untersuchte das Verhalten der Elektrolyte im Blutserum von Hunden, die einer Combelen-Polamivet-Narkose unterworfen wurden. Er kam zu dem Ergebnis, daß Na und K nur sehr geringgradig und innerhalb der physiologischen Grenzen schwankten.

Nach R.Fritsch sinkt der K-Gehalt im Blutserum nach Gaben des Relaxans Guajakolglyzerinäther (My 301) bei Hund, Pferd und Rind ab.

Bei Pferd und Rind sank der K-Gehalt nach 30 Min. Infusion um etwa 1 mval ab. Der Na-Gehalt unterlag nur geringen physiologischen Schwankungen.

Nach Maurer und Hofmeister(41) darf außer der Narkose der Einfluß des Operationstraumas nicht übersehen werden, da ein deutliches Absinken der Alkalireserve von ihnen abhängig ist.

Aus diesem Grunde habe ich zu meinen Untersuchungen zur Hälfte Kliniktiere genommen, die klinisch gesund und ohne Trauma waren.

C. Die Bestimmungsmethoden der Kationen im Blutserum:

1. Das Prinzip der bisher wichtigsten Kationenbestimmungsmethoden

Die Flammenfotometrie verdrängte in den letzten 12 Jahren die meisten anderen Methoden zur Elektrolytbestimmung. Außer dieser wurden aber auch viele andere, z.T. chemische Methoden, angewandt. Die wichtigsten sind die Methoden nach Rappaport(51), Kramer-Tisdall(38) und Fredwurst und Männchen(19). Außerdem wurden die Methoden nach Norinder(49), Graul und Rausch(23), Hegedus(25) und Norberg(48) verwendet. Ich möchte hier nur das Prinzip der drei wichtigsten Methoden besprechen. (Nach B.Sander(60)1956)

Die volumetrischen Bestimmungen leiten sich alle von der für Blutbestimmungen erprobten und bekannten Methode nach Kramer-Tisdall ab. Prinzip: mit Trichloressigsäure wird das Blutserum enteiweißt und das K durch Na-Kobaltnitrit ausgefällt, das Nitrit wird oxydiert mit n/50 Kaliumpermanganatlösung und nach Zugabe von n/100 Natriumoxalat wird rücktitriert mit n/50 Kaliumpermanganat. Diese Methode weist aber große Fehlerquellen und Mängel auf. Nach H.Heiduschka(27) und H.Ober ist diese Methode nur für kleinste Mengen K geeignet, da bei der Ausfällung des K als $K_2NaCO(NO_2)_6$ das Salz ein zu großes Molekulargewicht hat.

Das Rappaport-Prinzip: Hier wurde das K als K-Kobaltnitrit gefällt und dann die Nitritgruppe mit Cerisulfat oxydiert. Der Cerisulfatüberschuß wird jodometrisch bestimmt. Diese Methode ähnelt der von Kramer-Tisdall, doch ist sie durch das Cerisulfat stark verbessert. Das Cerisulfat läßt sich jodometrisch genauer erfassen. Es zeigt einen besseren Farbumschlag als $KMnO_4$. Das Prinzip nach Fredwurst und Männchen: Das K wird mit der Natriumkobaltnitritlösung bei Gegenwart von Silbernitrat als Silberkobaltnitritlösung gefällt

und der Kobalt mittels einer alkoholischen Ammoniumrhodanidlösung fotometrisch bestimmt. (Sander(60)) Die genannten Methoden sind im Allgemeinen umständlich, ungenau und zu vielen Fehlern unterworfen.

2. Prinzip der Flammenfotometrie:

Mit der Flammenfotometrie ist uns eine Methode gegeben, die schneller, genauer und einfacher zu handhaben ist, als die chemischen Methoden.

Das Prinzip der Flammenfotometrie beruht auf der Messung der Intensität der Farbe einer Flamme.

Das charakteristische Aufleuchten einer Flamme beim Einbringen eines Elementes hat seine Ursache in der Absorption der Flammenenergie von der Atomhülle des in die Flamme gebrachten Atoms. Durch diese Energieübertragung wird das Elektron auf eine Bahn mit größerem Durchmesser gehoben. Wenn diese energiereichen Elektronen wieder auf ihre frühere Bahn, in ihren Grundzustand, zurückkehren, geben sie die absorbierte Energie in Form von Strahlung wieder ab. Durch die Energiedifferenz wird die Wellenlänge des ausgestrahlten Lichtes bedingt. Das Emissionsspektrum eines Elementes ist vom Bau des Atoms und von der Art der Anregung, z.B. der Temperatur der Flamme, abhängig. Je höher die Flammentemperatur, um so linienreicher ist das Spektrum.

Durch Lichtfilter, oder Aufspaltung des Spektrums, können aus dem Mischlicht der Flamme einzelne Linien, die für bestimmte Elemente charakteristisch sind, herausgenommen werden. Diese Teilstrahlung der Flamme trifft auf ein dahintergeschaltetes Fotoelement, welches einen der Intensität proportionalen Strom erzeugt. Dieser wird mit einem Galvanometer gemessen. Er ist abhängig von der Konzentration der Atome in der Flamme.

Von einem Flammenfotometer werden drei Forderungen erhoben:

1. Ein Zerstäuber muß der Flamme einen möglichst dichten Aerosolnebel zuführen, denn die Intensität der Flammenfärbung ist neben der Konzentration der flammenfärbenden Substanzen von der Menge und Dichte des Nebels abhängig, ferner von der Länge des Weges, den der Nebel von der Düse bis zur Flamme zurücklegen muß.
2. Weiterhin wird von einem Flammenfotometer verlangt, daß die charakteristische Emission der Spektrallinien eines Elementes isoliert werden kann, und
3. muß sich die Emission nachweisen und messen lassen.

Die sogenannten Nebelkammern, in die die Untersuchungsflüssigkeit eingesprüht wurde, ehe sie in die Flamme gelangt, sind veraltet. In den modernen Geräten arbeitet eine neuartige Brenner-Zerstäuber-Einheit. Durch diese wird die Analysenlösung direkt über eine Palladiumkapillare in die Flamme gesaugt. (Heine (28) 1959). Dadurch wird die Empfindlichkeit des Gerätes auf das 2-10-fache erhöht.

Unsere Untersuchungen wurden mit dem Flammenfotometer der Fa.

Beckman Instruments G.m.b.H., Modell B, durchgeführt.

Zur Unterhaltung der Flamme haben wir Wasserstoff mit Sauerstoff kombiniert.

D. Eigene Untersuchungen

1. Das Tiermaterial:

Zu meinen Versuchen habe ich 40 Hunde, 20 Pferde und 20 Schweine verwendet. An jedem Tier sind 5 Elektrolytuntersuchungen gemacht worden. Die Hunde waren z.T. chirurgische Patienten mit leichten Operationen und ungestörtem Allgemeinbefinden, der andere Teil bestand aus gesunden klinikeigenen Tieren. Die Pferde waren ausschließlich Patienten. Die Schweine wiederum klinikeigene Tiere.

Das verwendete Tiermaterial ist in den folgenden Tabellen angegeben. Neben den einzelnen Tieren stehen die Menge des Narkotikums und der Praemedikationsmittel. Die laufende Nummer des Tieres findet sich in den Ergebnistabellen wieder und kann verglichen werden. Die mit einem ⁺ versehenen Tiere sind gesunde klinikeigene Tiere.

Bei jedem Versuch wurden Blutproben vor der Narkose, in der Narkose (nach 30 Min.), 2,5 Stunden nach der Narkose, 4 Stunden und 15 Stunden nach der Narkose entnommen.

In den Tabellen treten folgende Abkürzungen auf:

Schäf. = Schäferhund

Ung.H. = Ungarischer Hirtenhund

Span. = Spaniel

D.K. = Deutsch-Kurzhaar-Vorstehhund

Schnauz = Schnauzer

Neuf. = Neufundländer

Aired. = Airedaleterrier

Sett. = Setter

Tabelle 1

Versuchsreihe am HUND

Applikation: zur Narkose Thiogenal i.v.

zur Praemedikation Combelen und Polamivet i.m.

Nr.	Alter	Rasse	Geschl.	Gew. in kg	Menge d.Narkotikums	Menge d.Praemedik
1 ⁺	5	Schäf.	weibl.	31,0	21 mg/kg Thiogenal	1,0 ml Comb.+ 3 m
2	8	"	"	23,5	23 mg/kg "	0,2 ml " + 2 m
3	1	"	"	21,0	20 mg/kg "	0,5 ml " + 4 m
4	1	"	männl.	30,0	21 mg/kg "	0,8 ml " + 6 m
5	8	Sett.	"	28,0	19 mg/kg "	0,7 ml " + 5 m
6	9	Ung.H.	"	24,5	21 mg/kg "	0,3 ml " + 4 m
7 ⁺	8	Schäf.	"	19,0	23 mg/kg "	0,2 ml " + 3 m
8 ⁺	8	"	"	22,0	24 mg/kg "	0,2 ml " + 4 m
9 ⁺	6	"	"	24,5	20 mg/kg "	0,3 ml " + 4 m
10	2	D.K.	weibl.	25,0	20 mg/kg "	0,7 ml " + 5 m

Tabelle 2

Versuchsreihe am HUND

Applikation: zur Narkose Thiogenal i.v.

zur Praemedikation nur Polamivet i.m.

Nr.	Alter	Rasse	Geschl.	Gew. in kg	Menge d.Narkotikums	Menge d.Praemedi
1	5	Schäf.	weibl.	28,0	21 mg/kg Thiogenal	5 ml Polamivet
2 ⁺	3	"	männl.	26,0	21 mg/kg "	4 ml "
3 ⁺	3	"	"	20,0	21 mg/kg "	4 ml "
4 ⁺	2	"	"	21,5	21 mg/kg "	4 ml "
5 ⁺	2	"	"	21,5	21 mg/kg "	4 ml "
6	4	Schnau.	"	18,5	19 mg/kg "	2 ml "
7 ⁺	2	Schäf.	"	25,5	24 mg/kg "	5 ml "
8	5	"	"	34,5	24 mg/kg "	7 ml "
9	1	"	"	40,5	19 mg/kg "	4 ml "
10	6	Neuf.	weibl.	50,5	25 mg/kg "	2 ml "

Tabelle 3

Versuchsreihe am HUND

Applikation: zur Narkose Halothan

zur Praemedikation Combelen und Polamivet i.m.

Das Halothan wurde inhaliert mit Drägerapparat und Maske.

Alter	Rasse	Geschl.	Gew. in kg	Menge d.Narkotikums	Menge d.Praemedikation
					ml ml
2	Span.	weibl.	12,0	Inhalation 30 Min.	0,5 Comb.+ 5 Polamiv.
3	Schäf.	männl.	31,0	"	0,5 " + 3 "
7	"	weibl.	35,5	"	1,5 " +10 "
2	"	männl.	44,0	"	1,0 " +4,5 "
2	"	weibl.	22,0	"	0,5 " + 4 "
5	"	männl.	33,0	"	0,5 " + 4 "
1	"	weibl.	28,0	"	0,5 " + 4 "
2	"	männl.	38,5	"	0,8 " + 6 "
2	"	männl.	19,0	"	0,4 " + 5 "
1	Span.	weibl.	15,5	"	0,2 " + 4 "

Tabelle 4

Versuchsreihe am HUND

Applikation: zur Narkose Halothan

zur Praemedikation nur Polamivet i.m.

Alter	Rasse	Geschl.	Gew. in kg	Menge d.Narkotikums	Menge d.Praemedikation
9	Schäf.	weibl.	28,0	Dauer 30 Min.	5 ml Polamivet
7	"	männl.	45,0	"	9 ml "
6	D,K.	weibl.	22,5	"	5 ml "
8	Span.	"	15,5	"	3 ml "
10	Sett.	"	32,5	"	7 ml "
9	Aired.	"	22,0	"	4 ml "
10	Schäf.	männl.	34,0	"	7 ml "
9	Sett.	"	31,0	"	6 ml "
10	Schäf.	weibl.	30,0	"	6 ml "
10	"	"	30,0	"	4,5 ml "

Zu Tabelle 5

Versuchsreihe am PFERD

Applikation: zur Narkose Thiogenal i.v.

zum Ablegen immer 4 ml Combelen i.m.

18 ml Polamivet

50 g My 301 (Guajakolglyzerinäther i.

Nr.	Alter	Rasse	Geschlecht	Menge des Narkotikums	
1	8	Fuchs	Wallach	2+2 g	Thiogenal
2	10	Hann.F.	"	2+2+2+2 g	"
3	10	Araber	Stute	6 g	Das Thiogenal wur-
4	8	Brauner	Wallach	4 g	de grammweise nach
5	8	Br.Trab.	"	5 g	Wirkung nachinji-
6	11	Rappe	Stute	5 g	ziert. Die ersten
7	6	Br.Trab.Hengst		5 g	2g Thiogenal wurden
8	9	Traber	"	4 g	mit dem My 301 in-
9	6	Fjord	Stute	5 g	fundierte.
10	7	Traber	Hengst	7,5 g	"

Zu Tabelle 6

Versuchsreihe am PFERD

Applikation: zur Narkose Halothan mit Maske

zum Ablegen immer 4 ml Combelen i.v.

18 ml Plamivet i.v.

50 g My 301 + 2 g Thiogenal i.v.

Nr.	Alter	Rasse und Geschlecht	Narkosedauer
1	8	Hann.Fuchsstute	30 Min.
2	4	Traberhengst	"
3	5	Dunkelbr.Traberwallach	"
4	8	" Hann.Stute	"
5	6	Brauner Traberhengst	"
6	6	" Hann.Wallach	"
7	12	" Traberwallach	"
8	12	Ostprouß.Rappstute	"
9	8	" Rappwallach	"
10	5	Traberwallach	"

Zu Tabelle 7

Versuchsreihe am SCHWEIN

Applikation: zur Narkose Thiogenal
zur Praemedikation Combelen

Es handelte sich hier um Deutsche Veredelte Landschweine mit dem durchschnittlichen Gewicht von 30 kg. Zur Praemedikation wurden 2,5 ml Combelen i.m. gegeben. Zur Narkose wurden 45 mg/kg Körpergewicht Thiogenal i.p. gegeben.

Zu Tabelle 8

Versuchsreihe am SCHWEIN

Applikation: zur Narkose Halothan mit Maske
zur Praemedikation Combelen

Auch in dieser Reihe wurden Deutsche Veredelte Landschweine mit einem Gewicht von 30 kg verwendet. Die Praemedikation bestand wieder aus 2,5 ml Combelen. Das Halothan wurde mit Maske appliziert, Dauer der Narkose 30 Min.

2. Die Blutentnahme:

Nach Dresselhaus (14) besteht in den verschiedenen Gefäßgebieten ein verschiedener K-Gehalt. So ist der K-Spiegel in der Arterie am niedrigsten, in den Venen aber, und besonders in der Vena hepatica, höher. Die Ursache dürfte in der regulierenden Tätigkeit der Muskelzellen liegen, die das K ins Blut abgeben und auch Schwankungen im Plasma schnell wieder ausgleichen. Um vergleichbare Werte zu erhalten, habe ich aus diesen Gründen meine Blutentnahmen immer aus den gleichen Venen, beim Hund aus der Vena saphena an der Hinterextremität und aus der Vena cephalica antebrachii an der Vorderextremität. Da an jedem Tier 5 Entnahmen zu machen waren, konnte ich mich nicht auf eine Vene beschränken. Beim Pferd wurden die Entnahmen ausschließlich aus der Vena jugularis gemacht. Beim Schwein wurde das Blut der Vena cava cranialis entnommen. Bei der Blutentnahme wurden weitgehend die Empfehlungen von Berge-Westhues (68) beachtet:

Mit Hilfe rostfreier, trockener Kanülen wurde das Blut in ein Reagenzglas abgelassen, wobei peinlich darauf geachtet wurde, daß keine Schaumbildung entstand. Läßt man das Blut in das Reagenzglas sprudeln, entsteht oft eine Hämolyse und die betreffende Probe ist für eine K-Bestimmung wertlos, da das in den Erythrozyten enthaltene K durch die Hämolyse freigeworden ist und den Serum-K-Gehalt erhöht. (Dresselhaus (14), Eisenhardt(15), Sander(60) und Neumann(46) Entgegen dieser Aussagen genannter Autoren fand Köhler (35) nur eine 0,2-0,5 %ige Erhöhung des K in vollhämolytischen Seren. Ich hielt es deshalb für nötig, eigene Versuche über den K-Gehalt hämolytischer Seren zu machen. Bei diesen Untersuchungen wurde jeweils der K-Wert des nichthämolytischen Serums eines Hundes dem Wert des künstlich durch Schlagen und Stoßen hämolytierten Serums des gleichen Hundes gegenübergestellt:

Hund Nr.	nicht hämol.	hämol.
1	5,43 mval.	5,91
2	5,22 "	5,71
3	5,50 "	5,91
4	5,04 "	5,96
5	5,49 "	6,66
$\bar{x}$	= 5,33 mval.	6,03

Es wurde also bei hämolytischem Serum eine K-Erhöhung von 13,13 % festgestellt.

Nach der Entnahme wurde das Blut sofort mit 1500 Umdrehungen/sec. zentrifugiert, denn nach Sander (60) steigt der K-Gehalt des Vollblutes nach 5 h stark an, so daß nach 24 h schon ein K-Gehalt von 40 mg % gemessen werden kann. Dabei ist die Temperatur, in der das Vollblut aufbewahrt wird, ohne Bedeutung. Wurde trotz aller Vorsicht bei der Blutentnahme eine Probe hämolytisch, wurde das Blut aus den genannten Gründen verworfen.

3. Die Messung

a/ Aufbereitung der Versuchsproben:

Nachdem das Vollblut mit hohen Touren abzentrifugiert war, wurden vom erhaltenen Serum 1 ml mit einer Vollpipette in ein Becherglas gegeben. Das Serumeiweiß wurde dann mit 40 ml Fällungsmittel gefällt. Dieses bestand aus 250 ml Trichloressigsäure (20 %) (CCl_3COOH), 100 ml Isopropylalkohol (Isopropanol), auf 1000 ml Aqua bidest. aufgefüllt. Nach der Fällung verdünnt man noch mit 9 ml Aqua bidest., rührt sehr gründlich um und filtert dann ab.

b/Herstellung der Eichkurven

Die Elektrolytbestimmungen wurden am Flammenfotometer der Fa. Beckman Instruments GmbH., München-Puchheim, Modell B mit Flammenzusatz gemacht.

Um das Gerät zu eichen, um eine Eichkurve zu erhalten, muß eine Eichlösung hergestellt werden. Aus der Stammlösung:

2,54 gNaCl/1000 ml Aqua bidest. = 1 mg Na/ml

werden die Eichlösungen für die Natriumeichkurve wie folgt herausgestellt:

mgNa	entspricht	Fällungslösung	Na-Stammlösung
4	200 mg%	80 ml	4 ml Alle Kolben
5	250 mg%	80 ml	5 ml werden dann
6	300 mg%	80 ml	6 ml mit Aqua bi-
7	350 mg%	80 ml	7 ml dest.auf
8	400 mg%	80 ml	8 ml 1000 ml
9	450 mg%	80 ml	9 ml aufgefüllt.
10	500 mg%	80 ml	10 ml

Im Prinzip gleich werden die Lösungen für die Kaliumeichkurve hergestellt. Aus der Stammlösung:

1,91 gKCl/1000 ml Aqua bidest. = 1 mg K/ml

werden die Eichlösungen für die Kaliumkurve wie folgt herausgestellt:

mgK	entspricht	Fällungsmittel	K-Stammlösung
0,5	25 mg	80 ml	0,5 ml
0,4	20 mg	80 ml	0,4 ml
0,3	15 mg	80 ml	0,3 ml
0,2	10 mg	80 ml	0,2 ml
0,1	5 mg	80 ml	0,1 ml

An Hand dieser Lösungen wurden Eichkurven hergestellt, auf denen man den gemessenen Wert für Na und K in mg% ablesen kann.

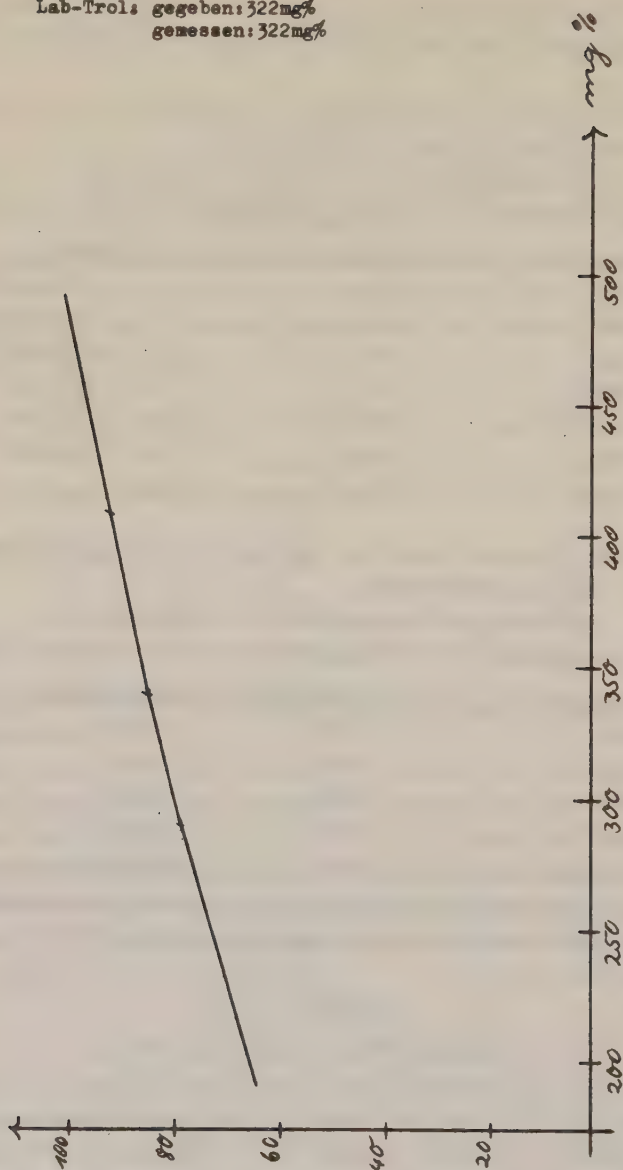
(Eichkurven siehe Abb.)

Na-Eichkurve

Empfindlichkeit 3

Spalt 0,12

Lab-Trol: gegeben: 322mg%
gemessen: 322mg%



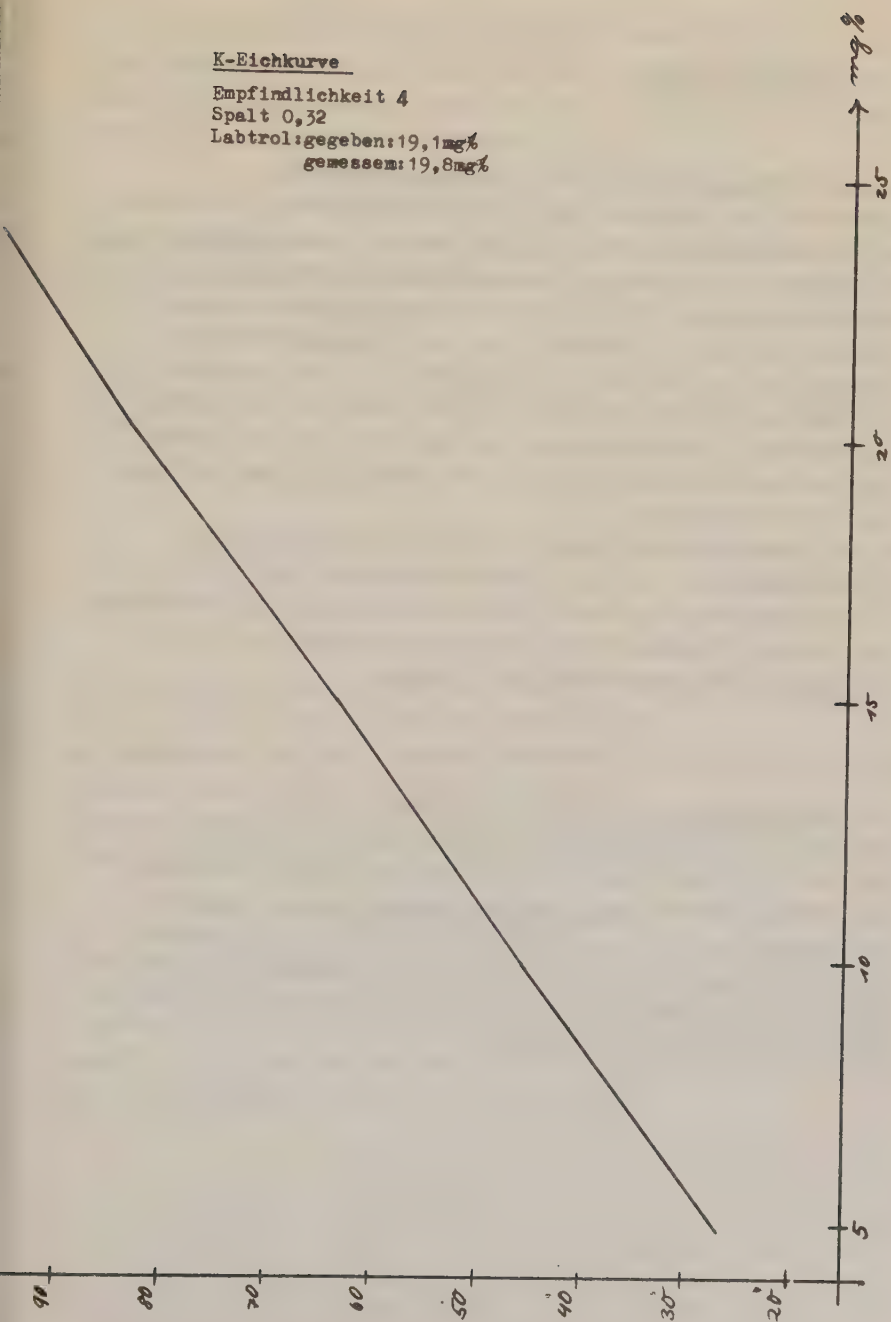
K-Eichkurve

Empfindlichkeit 4

Spalt 0,32

Labtrol: gegeben: 19,1 mg%

gemessen: 19,8 mg%



c/ Der Meßvorgang:

Für die Natriummessung besteht folgende Meßvorschrift:

Zuerst wird die Blauzelle eingesetzt, dann schaltet man das Gerät ein und läßt es etwa 30 Min. konstant werden. Darauf stellt man die Wellenlänge auf 589 m μ ein, gibt die Eichlösung (500 mg) in die Flamme und zerstäubt sie; nun wird die Empfindlichkeit gewählt (3), der Spalt auf ca. 0,1 eingestellt und der Wellenlängenkopf solange hin und her gedreht, bis das Maximum der Linie erreicht ist. Dann geht man mit dem Spalt auf 100 (Emission) und vermißt anschließend die Analysenlösung, ohne am Gerät etwas zu verstellen. Die Emissionswerte werden auf der Eichkurve in mg% abgelesen und in mval umgerechnet.

Um die Genauigkeit der Eichkurve zu kontrollieren, ebenfalls der Emissionswerte, wurde stets das Standardserum Lab-Trol der Fa. Dade Reagents Inc. Miami, Florida, mitvermessen. Das Lab-Trol (22) ist in seiner Zusammensetzung sehr stabil und konstant. Die für das Standardserum angegebenen Werte betragen:

$$\text{Na} = 322 \text{ mg\%} \pm 10 \text{ mg\%}$$

$$\text{K} = 19,1 \text{ mg\%} \pm 1 \text{ mg\%}$$

Für die Kaliummessung besteht folgende Meßvorschrift:

Man mißt mit der Rotzelle 10 Ω , bei Wellenlänge 766 m μ , dem Spalt 0,3. Die Eichlösung wird in die Flamme gegeben, zerstäubt, die Empfindlichkeit gewählt und das Maximum gesucht. Danach wird mit dem Spalt auf 100 ausgeglichen. Dann können die Analysenlösungen vermessen werden. Nach Beendigung der Messung wird ein Gläschen Aqua bidest. durchgestäubt, um einer möglichen Verstopfung der Kapillare vorzubeugen.

4. Statistische Prüfung der Untersuchungsergebnisse

a/Zur Prüfung der Untersuchungsergebnisse wurde zuerst das arithmetische Mittel errechnet durch Summierung aller Einzelwerte, dividiert durch die Anzahl der Versuche:

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{n}$$

b/Das Streuungsmaß einer Untersuchungsreihe wird durch die Standardabweichung (s) gekennzeichnet:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

c/Auf Signifikanz wurden die Differenzen der Mittelwerte mit dem t-Test geprüft:

$$t = \frac{x_1 - x_2}{s \sqrt{n}}$$

$$s = \frac{s_1 + s_2}{2}$$

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2}$$

Die erhaltenen t-Werte wurden nach der Tabelle von Snedecor (61) bei $p = 0,005$ ausgewertet.

Auf Signifikanz wurden die Differenzen der Mittelwerte der Blutentnahmen vor der Narkose und in der Narkose geprüft.

Unter den Ergebnistabellen stehen jeweils die Mittelwerte ($\bar{x}$), die Standardabweichungen (s), sowie die Signifikanzwerte (t).

5. Die Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungen zusammen mit den statistischen Auswertungen wurden in den Tabellen 1-8 zusammengestellt. Die Mittelwerte der K-Bestimmungen wurden in den Diagrammen Nr. 1-5 graphisch dargestellt. Die in den Tabellen auftretenden Tiernummern sind die gleichen, wie in den Materialtabellen der Seiten 17-20.

ErgebnistabellenTabelle I

Versuchsreihe am HUND

Applikation: zur Narkose Thiogenal i.v.

zur Praemedikation Combelen und Polamivet i.m.

Kalium

Tier Nr.	Alter	vor d. Narkose	in der N. (30 Min.)	nach d.N. 2,5 h	nach d.N. 4 h	nach d.N. 15 h
1	5	5,96 mval	3,84 mval	5,17 mval	5,38 mval	6,07 mval
2	8	6,07 mval	4,74 mval	5,17 mval	5,68 mval	6,32 mval
3	1	5,81 mval	5,22 mval	5,76 mval	5,30 mval	6,12 mval
4	1	6,12 mval	4,86 mval	6,12 mval	6,02 mval	6,02 mval
5	8	5,61 mval	4,99 mval	4,84 mval	5,38 mval	5,43 mval
6	9	6,36 mval	4,85 mval	4,99 mval	5,20 mval	4,99 mval
7	8	4,79 mval	4,68 mval	4,74 mval	5,09 mval	5,58 mval
8	8	4,89 mval	4,84 mval	5,40 mval	5,27 mval	5,52 mval
9	6	5,12 mval	3,20 mval	3,94 mval	4,48 mval	4,94 mval
10	2	6,22 mval	4,64 mval	4,99 mval	6,09 mval	6,17 mval
$\bar{x}$	=	5,76 mval	4,57 mval	5,09 mval	5,38 mval	5,68 mval
s	=	$\pm 1,233$	$\pm 0,648$	$\pm 1,208$	$\pm 0,450$	$\pm 1,337$
t	=	$\leftarrow 4,00 \rightarrow$				

Natrium

Tier Nr.	Alter	vor d. Narkose	in der N. (30 Min.)	nach d.N. 2,5 h	nach d.N. 4 h	nach d.N. 15 h
1	5	150,5 mval	152,3 mval	152,3 mval	150,5 mval	154,9 mval
2	8	152,3 mval	152,3 mval	149,6 mval	154,0 mval	152,3 mval
3	1	143,6 mval	145,3 mval	143,6 mval	143,6 mval	140,9 mval
4	1	143,6 mval	145,3 mval	143,6 mval	143,6 mval	143,6 mval
5	8	141,8 mval	141,8 mval	141,8 mval	139,2 mval	140,1 mval
6	9	146,2 mval	143,6 mval	136,6 mval	143,8 mval	141,8 mval
7	8	147,9 mval	151,4 mval	153,1 mval	151,4 mval	153,1 mval
8	8	156,6 mval	156,6 mval	156,6 mval	156,6 mval	155,7 mval
9	6	159,2 mval	151,4 mval	153,1 mval	156,5 mval	156,6 mval
10	2	155,7 mval	151,4 mval	151,4 mval	150,5 mval	153,1 mval
$\bar{x}$	=	149,7 mval	149,1 mval	148,2 mval	148,3 mval	149,2 mval
s	=	$\pm 8,77$	$\pm 3,64$	$\pm 13,75$	$\pm 7,55$	$\pm 8,00$

Tabelle II

Versuchsreihe am HUND

Applikation: zur Narkose Thiogenal i.v.

zur Praemedikation nur Polamivet i.m.

Kalium

Tier Nr.	Alter	vor der Narkose	in d.N. (30 Min.)	2,5h nach d.Narkose	4h nach d.Narkose	15h nach d.Narkose
1	5	5,09 mval	3,54 mval	4,94 mval	5,20 mval	4,99 mval
2	3	5,02 mval	4,56 mval	5,38 mval	5,25 mval	5,17 mval
3	3	4,99 mval	3,81 mval	4,33 mval	4,99 mval	5,89 mval
4	2	4,35 mval	3,34 mval	4,53 mval	hämol.	hämol.
5	2	4,83 mval	3,43 mval	3,19 mval	3,63 mval	4,81 mval
6	4	6,36 mval	4,50 mval	5,12 mval	hämol.	hämol.
7	2	5,76 mval	3,52 mval	4,10 mval	hämol.	hämol.
8	5	4,56 mval	3,34 mval	3,94 mval	hämol.	hämol.
9	1	5,70 mval	4,10 mval	5,32 mval	hämol.	hämol.
10	6	4,86 mval	4,07 mval	4,79 mval	4,55 mval	hämol.
$\bar{x}$ =		5,15 mval	3,82 mval	4,56 mval	4,72 mval	5,19 mval
s =		0,63	0,47	0,71	0,71	0,75
t =		← 7,64 →				

Natrium

Tier Nr.	Alter	vor der Narkose	in d.N. (30 Min.)	2,5h nach d.Narkose	4h nach d.Narkose	15h nach d.Narkose
1	5	149,6 mval	149,6 mval	147,9 mval	146,2 mval	157,5 mval
2	3	159,2 mval	159,2 mval	160,9 mval	156,6 mval	159,2 mval
3	3	156,6 mval	156,6 mval	154,9 mval	157,9 mval	154,9 mval
4	2	154,0 mval	156,6 mval	160,9 mval	hämol.	hämol.
5	2	142,7 mval	142,7 mval	139,2 mval	149,2 mval	140,9 mval
6	4	163,4 mval	152,3 mval	160,0 mval	hämol.	hämol.
7	2	159,2 mval	160,9 mval	157,5 mval	hämol.	hämol.
8	5	145,3 mval	143,4 mval	152,3 mval	hämol.	hämol.
9	1	160,9 mval	156,6 mval	155,7 mval	hämol.	hämol.
10	6	152,3 mval	155,7 mval	147,9 mval	146,2 mval	hämol.
$\bar{x}$ =		154,0 mval	153,1 mval	153,1 mval	151,0 mval	152,3 mval
s =		6,403	8,062	8,544	7,746	9,273

Tabelle III

Versuchsreihe am HUND

Applikation: zur Narkose Halothan

zur Praemedikation Combelen und Polamivet i.m.

Das Halothan wurde mit Drägerapparat und Maske inhaliert.

Kalium

Tier Nr.	Alter	vor d. Narkose	in d.Narkose (30 Min.)	2,5h nach d. Narkose	4h nach d. Narkose	15h nach d. Narkose
1	2	6,36 mval	6,07 mval	hämol.	hämol.	6,14 mval
2	3	6,36 mval	6,02 mval	hämol.	6,14 mval	6,20 mval
3	7	4,79 mval	5,58 mval	5,50 mval	5,16 mval	5,22 mval
4	2	4,99 mval	4,35 mval	5,58 mval	4,79 mval	4,89 mval
5	2	5,38 mval	4,10 mval	4,23 mval	4,48 mval	5,76 mval
6	5	5,25 mval	4,66 mval	5,17 mval	5,17 mval	4,99 mval
7	1	5,79 mval	4,56 mval	5,27 mval	5,38 mval	4,97 mval
8	2	4,74 mval	3,92 mval	4,68 mval	5,32 mval	4,86 mval
9	2	4,61 mval	4,33 mval	4,84 mval	4,61 mval	4,43 mval
10	1	5,43 mval	5,38 mval	4,81 mval	5,43 mval	6,14 mval

$\bar{x}$	=	5,38 mval	4,89 mval	5,01 mval	5,16 mval	5,36 mval
s	=	0,200	0,266	0,451	0,632	0,640
t	=	← 6,67 →				

Natrium

Tier Nr.	Alter	vor d. Narkose	in d.Narkose (30 Min.)	2,5h nach d. Narkose	4h nach d. Narkose	15h nach d. Narkose
1	2	134,9 mval	140,1 mval	hämol.	hämol.	140,1 mval
2	3	140,1 mval	140,1 mval	hämol.	140,1 mval	139,2 mval
3	7	149,0 mval	143,6 mval	149,0 mval	149,0 mval	149,0 mval
4	2	144,5 mval	149,0 mval	156,6 mval	149,0 mval	149,0 mval
5	2	146,2 mval	156,6 mval	139,2 mval	174,0 mval	174,0 mval
6	5	140,9 mval	139,2 mval	136,6 mval	139,2 mval	136,6 mval
7	1	151,4 mval	151,4 mval	160,9 mval	158,1 mval	149,0 mval
8	2	142,7 mval	149,6 mval	146,2 mval	149,6 mval	139,2 mval
9	2	139,2 mval	143,6 mval	141,8 mval	141,8 mval	143,6 mval
10	1	147,9 mval	149,6 mval	151,4 mval	151,4 mval	149,6 mval

$\bar{x}$	=	147,5 mval	146,3 mval	147,7 mval	146,0 mval	146,4 mval
s	=	5,39	7,71	8,61	10,58	11,23

Tabelle IV

Versuchsreihe am HUND

Applikation: zur Narkose Halothan mit Maske

zur Praemedikation nur Polamivet i.m.

Kalium

Tier Nr.	Alter	vor der Narkose	in d.Narkose (30 Min.)	2,5h nach d. Narkose	4h nach d. Narkose	15h nach d. Narkose
1	9	4,48 mval	3,71 mval	4,89 mval	5,50 mval	4,58 mval
2	7	5,12 mval	4,11 mval	4,76 mval	4,86 mval	4,99 mval
3	6	4,51 mval	4,84 mval	4,79 mval	4,76 mval	4,76 mval
4	8	4,94 mval	4,56 mval	4,43 mval	4,86 mval	4,92 mval
5	10	5,17 mval	4,33 mval	5,42 mval	hämol.	4,53 mval
6	9	4,61 mval	4,40 mval	4,53 mval	4,94 mval	4,92 mval
7	10	6,04 mval	4,05 mval	4,53 mval	5,30 mval	hämol.
8	9	4,35 mval	4,43 mval	4,35 mval	4,37 mval	4,76 mval
9	10	5,42 mval	4,84 mval	5,09 mval	5,28 mval	4,74 mval
10	10	5,53 mval	4,84 mval	4,86 mval	4,86 mval	4,51 mval
$\bar{x}$ =		5,02 mval	4,35 mval	4,76 mval	4,97 mval	4,97 mval
s =		0,538	0,387	0,300	0,479	0,235
t =		← 4,50 →				

Natrium

Tier Nr.	Alter	vor der Narkose	in d.Narkose (30 Min.)	2,5h nach d. Narkose	4h nach d. Narkose	15h nach d. Narkose
1	9	146,2 mval	147,9 mval	154,9 mval	154,9 mval	146,2 mval
2	7	164,8 mval	160,9 mval	161,7 mval	158,3 mval	160,9 mval
3	6	147,9 mval	164,4 mval	161,7 mval	146,2 mval	161,7 mval
4	8	165,0 mval	160,0 mval	160,0 mval	161,7 mval	158,3 mval
5	10	161,7 mval	161,7 mval	159,2 mval	hämol.	154,9 mval
6	9	154,9 mval	156,9 mval	156,9 mval	152,3 mval	161,7 mval
7	10	152,3 mval	159,0 mval	140,9 mval	146,2 mval	hämol.
8	9	147,9 mval	143,6 mval	153,1 mval	143,6 mval	152,3 mval
9	10	158,3 mval	154,0 mval	158,3 mval	154,0 mval	147,0 mval
10	10	130,5 mval	133,1 mval	133,1 mval	130,5 mval	130,5 mval
$\bar{x}$ =		152,95mval	154,15mval	154,18mval	149,63mval	152,70mval
s =		10,050	8,310	9,949	8,366	9,110

Tabelle V

Versuchsreihe am PFERD

Applikation: zur Narkose Thiogenal i.v.

zum Ablegen immer 4 ml Combelen

18 ml Polamivet

50 g My 301 (Guajakolglyzerinäther)

Kalium

Tier Nr.	Alter	vor der Narkose	in d.Narkose (30 Min.)	nach d.Narkose 2,5 h	nach d.Narkose 4 h	nach d.Narkose 15 h
1	10	5,45 mval	5,12 mval	5,17 mval	5,20 mval	5,25 mval
2	10	5,17 mval	4,33 mval	4,81 mval	4,43 mval	4,25 mval
3	8	4,30 mval	3,22 mval	3,84 mval	3,45 mval	5,61 mval
4	8	4,79 mval	4,07 mval	4,48 mval	4,35 mval	4,86 mval
5	11	4,52 mval	4,30 mval	4,56 mval	4,12 mval	4,56 mval
6	6	5,20 mval	5,36 mval	4,35 mval	3,66 mval	hämol.
7	9	5,45 mval	4,17 mval	3,99 mval	4,07 mval	4,51 mval
8	6	4,22 mval	4,10 mval	4,33 mval	4,02 mval	hämol.
9	7	4,22 mval	2,80 mval	3,43 mval	hämol.	4,59 mval
10	8	5,68 mval	5,20 mval	5,09 mval	4,96 mval	4,99 mval
$\bar{x}$	-	4,89 mval	4,25 mval	4,40 mval	4,25 mval	4,82 mval
s	-	0,616	0,825	0,548	0,436	0,608
t	-	← 2,80 →				

Natrium

Tier Nr.	Alter	vor der Narkose	in der Nark. (30 Min.)	nach der Nark. 2,5 h	nach der Nark. 4 h	nach d.Nark. 15 h
1	10	151,4 mval	149,6 mval	152,3 mval	147,0 mval	147,8 mval
2	10	149,6 mval	146,2 mval	149,6 mval	147,0 mval	147,0 mval
3	8	140,1 mval	152,3 mval	130,5 mval	139,2 mval	143,6 mval
4	8	147,0 mval	140,1 mval	147,0 mval	147,0 mval	147,0 mval
5	11	145,3 mval	140,9 mval	145,3 mval	143,6 mval	145,3 mval
6	6	147,9 mval	139,2 mval	139,2 mval	147,9 mval	hämol.
7	9	146,6 mval	154,0 mval	154,0 mval	152,3 mval	143,6 mval
8	6	147,9 mval	149,0 mval	139,2 mval	143,6 mval	hämol.
9	7	143,6 mval	143,6 mval	175,7 mval	hämol.	147,9 mval
10	8	141,8 mval	140,1 mval	137,5 mval	145,3 mval	137,5 mval
$\bar{x}$	-	147,14mval	145,5 mval	147,03mval	145,85mval	145,0 mval
s	-	6,855	5,477	13,114	4,020	7,180

Tabelle VI

Versuchsreihe am PFERD

Applikation: zur Narkose Halothan mit Maske

zum Ablegen immer 4 ml Combelen

18 ml Polamivet

50 g My 301+2 g Thiogenal i.v.

Kalium

Tier Nr.	Alter	vor der Narkose	in d.Narkose (30 Min.)	nach d.Narkose 2,5 h	nach d.Narkose 4 h	nach d.Nark. 15 h
1	8	5,63 mval	5,09 mval	5,32 mval	4,61 mval	5,04 mval
2	4	4,30 mval	3,84 mval	3,82 mval	3,92 mval	5,45 mval
3	5	5,25 mval	5,02 mval	4,30 mval	4,56 mval	5,25 mval
4	8	4,12 mval	4,74 mval	3,94 mval	4,66 mval	4,66 mval
5	6	4,43 mval	3,94 mval	3,97 mval	3,00 mval	4,51 mval
6	6	5,76 mval	6,36 mval	4,79 mval	6,02 mval	5,17 mval
7	12	4,86 mval	4,35 mval	5,27 mval	5,76 mval	6,36 mval
8	12	6,14 mval	4,73 mval	5,12 mval	4,94 mval	5,27 mval
9	3	5,25 mval	5,02 mval	4,71 mval	5,02 mval	6,36 mval
10	5	5,05 mval	3,97 mval	4,81 mval	4,61 mval	4,61 mval
$\bar{x}$ =		5,09 mval	4,71 mval	4,63 mval	4,71 mval	5,22 mval
s =		0,656	0,793	0,479	0,845	0,721
t =		← 1,68 →				

Natrium

Tier Nr.	Alter	vor der Narkose	in d.Narkose (30 Mon.)	nach d.Narkose 2,5 h	nach d.Narkose 4 h	nach d.Nark. 15 h
1	8	101,8 mval	100,0 mval	101,8 mval	100,0 mval	100,0 mval
2	4	139,2 mval	138,6 mval	139,2 mval	141,8 mval	139,2 mval
3	5	134,9 mval	139,2 mval	139,2 mval	143,6 mval	146,2 mval
4	8	147,9 mval	152,3 mval	146,2 mval	146,2 mval	147,9 mval
5	6	140,1 mval	139,2 mval	146,2 mval	139,2 mval	139,2 mval
6	6	160,9 mval	160,0 mval	152,3 mval	160,9 mval	156,6 mval
7	12	143,6 mval	115,4 mval	138,3 mval	152,3 mval	165,4 mval
8	12	157,5 mval	130,5 mval	141,8 mval	138,3 mval	149,6 mval
9	3	137,5 mval	143,6 mval	133,1 mval	127,0 mval	145,3 mval
10	5	137,5 mval	136,6 mval	143,6 mval	143,6 mval	134,9 mval
$\bar{x}$ =		140,0 mval	135,5 mval	138,1 mval	139,4 mval	142,4 mval
s =		17,029	15,165	13,228	16,460	18,833

Tabelle VII

Versuchsreihe am SCHWEIN

Applikation: zur Narkose Thiogenal i.p.

zur Praemedikation Combelen

Kalium

Tier Nr.	vor der Narkose	in der Narkose	nach d.Narkose 2,5h	nach d.Narkose 4 h	nach d.Narkose 15 h
1	5,709 mval	5,632 mval	4,762 mval	4,983 mval	6,008 mval
2	6,221 mval	5,939 mval	6,298 mval	6,300 mval	6,344 mval
3	4,173 mval	5,965 mval	5,427 mval	5,443 mval	5,564 mval
4	4,633 mval	5,581 mval	6,144 mval	6,142 mval	5,233 mval
5	5,431 mval	5,211 mval	5,530 mval	5,435 mval	5,561 mval
6	5,011 mval	4,910 mval	4,980 mval	5,023 mval	5,341 mval
7	5,230 mval	5,020 mval	5,450 mval	5,432 mval	5,433 mval
8	6,246 mval	5,478 mval	6,170 mval	6,538 mval	6,577 mval
9	5,760 mval	3,945 mval	6,170 mval	6,246 mval	5,668 mval
10	5,632 mval	4,430 mval	5,222 mval	5,541 mval	5,341 mval
11	4,275 mval	3,994 mval	4,045 mval	4,563 mval	4,361 mval
$\bar{x}$ =	5,302 mval	5,100 mval	5,472 mval	5,604 mval	5,582 mval
s =	0,707	0,723	0,707	0,630	0,597
t =	← 0,938 →				

Natrium

Tier Nr.	vor der Narkose	in der Narkose	nach d.Narkose 2,5 h	nach d.Narkose 4 h	nach d.Narkose 15 h
1	142,68 mval	144,42 mval	148,77 mval	144,41 mval	143,40 mval
2	153,12 mval	138,33 mval	142,68 mval	141,56 mval	139,43 mval
3	114,40 mval	140,07 mval	121,80 mval	130,98 mval	145,42 mval
4	130,50 mval	127,02 mval	134,40 mval	138,74 mval	132,61 mval
5	143,30 mval	144,30 mval	143,30 mval	144,30 mval	143,66 mval
6	142,00 mval	145,00 mval	144,01 mval	144,22 mval	143,31 mval
7	139,30 mval	143,40 mval	148,20 mval	149,21 mval	145,42 mval
8	167,91 mval	164,44 mval	171,39 mval	150,33 mval	165,43 mval
9	155,73 mval	159,21 mval	155,73 mval	156,74 mval	155,11 mval
10	175,74 mval	165,32 mval	137,46 mval	160,32 mval	144,23 mval
11	137,46 mval	136,60 mval	139,20 mval	139,30 mval	139,33 mval
$\bar{x}$ =	145,64 mval	146,73 mval	144,45 mval	145,69 mval	145,21 mval
s =	17,11	11,93	12,57	8,37	8,70

Tabelle VIII

Versuchsreihe am SCHWEIN

Applikation: zur Narkose Halothan mit Maske

zur Praemedikation Combelen i.m.

Kalium

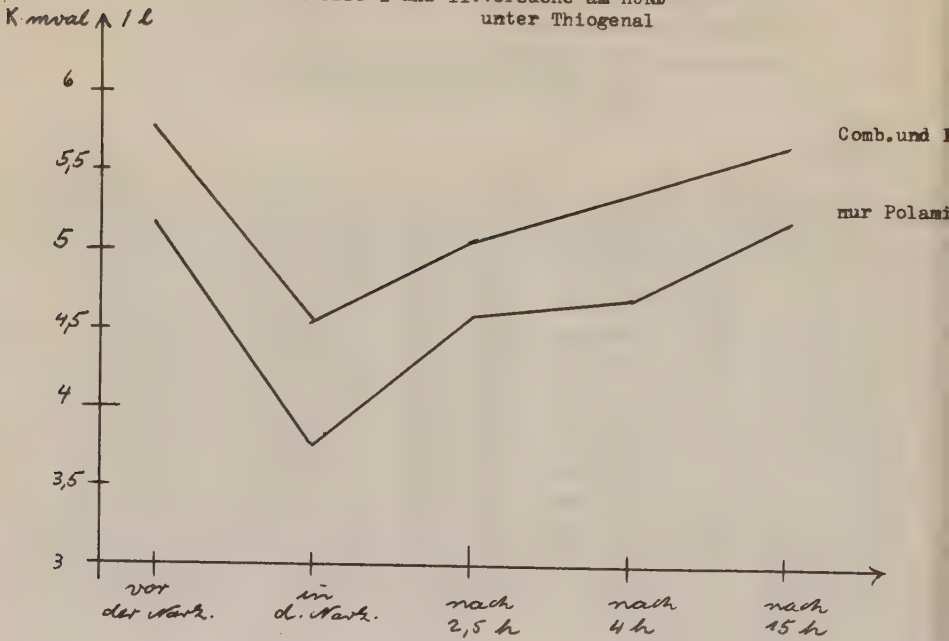
Tier Nr.	vor der Narkose	in der Narkose	nach d.Narkose 2,5 h	nach d.Narkose 4 h	nach d.Narkose 15 h
1	5,438 mval	4,428 mval	4,377 mval	4,678 mval	4,909 mval
2	5,916 mval	4,198 mval	5,529 mval	4,397 mval	4,473 mval
3	6,272 mval	4,340 mval	5,329 mval	5,223 mval	5,939 mval
4	4,352 mval	3,328 mval	3,661 mval	3,798 mval	4,038 mval
5	5,840 mval	4,430 mval	5,325 mval	4,078 mval	5,100 mval
6	4,301 mval	4,702 mval	4,659 mval	4,745 mval	4,534 mval
7	3,430 mval	3,123 mval	3,123 mval	3,335 mval	3,502 mval
8	3,558 mval	3,661 mval	4,147 mval	3,998 mval	3,920 mval
9	3,354 mval	3,456 mval	3,405 mval	3,573 mval	3,507 mval
10	6,381 mval	5,003 mval	5,142 mval	5,343 mval	5,908 mval
$\bar{x}$	= 4,884 mval	4,067 mval	4,469 mval	4,317 mval	4,583 mval
s	= 0,954	0,629	0,871	0,680	0,883
t	← 1,625 →				

Natrium

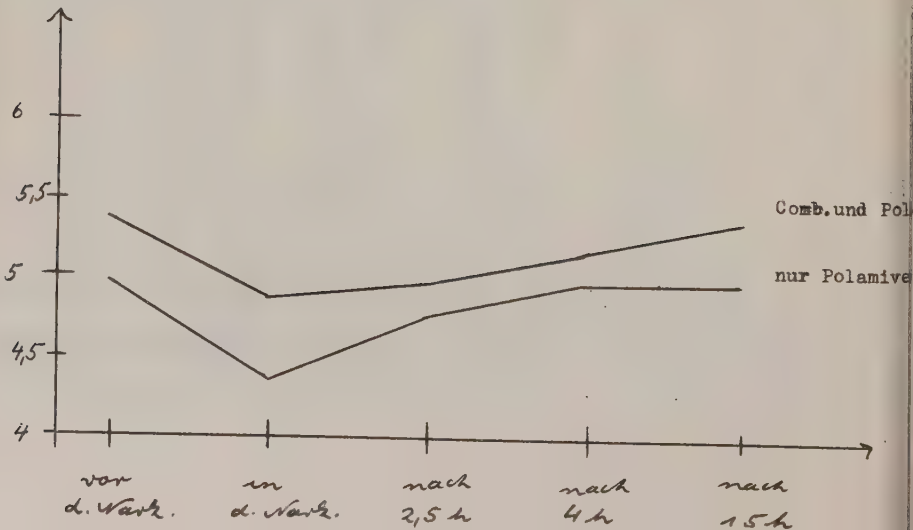
Tier Nr.	vor der Narkose	in der Narkose	nach d.Narkose 2,5 h	nach d.Narkose 4 h	nach d.Narkose 15 h
1	180,05 mval	169,65 mval	161,39 mval	170,34 mval	169,57 mval
2	147,90 mval	159,21 mval	151,39 mval	159,21 mval	160,39 mval
3	159,64 mval	170,52 mval	170,50 mval	159,64 mval	159,30 mval
4	140,07 mval	139,20 mval	152,25 mval	140,07 mval	139,23 mval
5	140,07 mval	137,46 mval	158,35 mval	150,03 mval	154,41 mval
6	140,55 mval	137,40 mval	137,46 mval	137,00 mval	138,67 mval
7	147,90 mval	147,09 mval	140,94 mval	145,32 mval	146,38 mval
8	146,52 mval	152,25 mval	146,16 mval	146,16 mval	147,00 mval
9	152,25 mval	138,33 mval	133,98 mval	145,23 mval	140,37 mval
10	130,28 mval	138,25 mval	140,35 mval	145,40 mval	138,00 mval
$\bar{x}$	= 148,523mval	148,942mval	149,277mval	149,840mval	149,327mval
s	= 13,64	13,33	11,66	10,20	11,10

Graphische Darstellung der Untersuchungsergebnisse

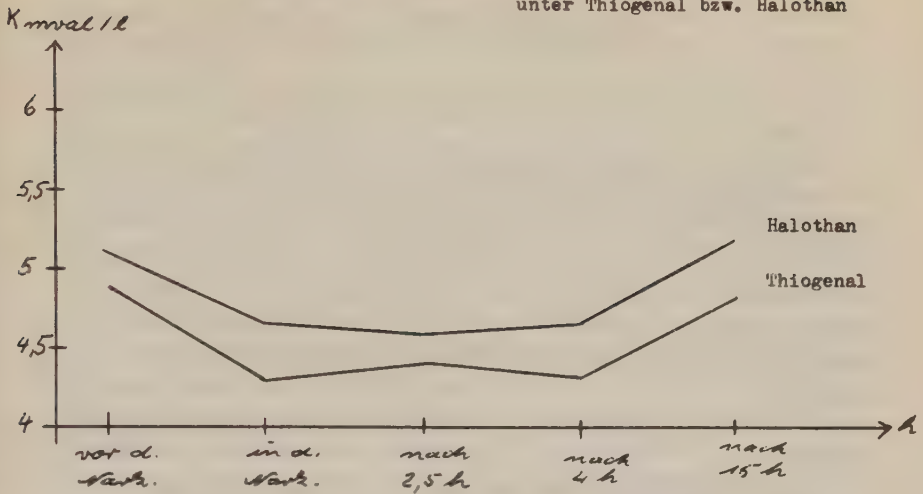
zu Tabelle I und II: Versuche am HUND
unter Thiogenal



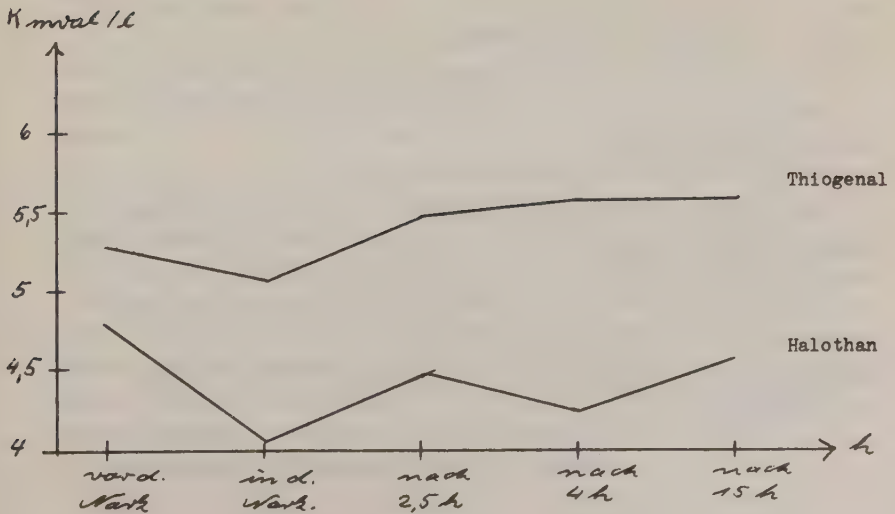
zu Tabelle III und IV: Versuche am HUND
unter Halothan



zu Tabelle V und VI: Versuchsreihe am PFERD
unter Thiogenal bzw. Halothan



zu Tabelle VII und VIII: Versuchsreihe am SCHWEIN
unter Thiogenal bzw. Halothan



6. Besprechung der Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungen wurden an 40 Hunden, 20 Pferden und 20 Schweinen unternommen.

An 10 Hunden wurden Untersuchungen in Thiogenalnarkosen mit der Praemedikation von Combelen und Polamivet gemacht. In der Narkose sank der Wert des K im Blutplasma von 5,76 mval auf 4,57 mval, das sind 20,7% niedriger als der Normalwert. Laut t-Test ist die Differenz zwischen diesen beiden Werten signifikant. Die Untersuchungen der folgenden drei Blutproben ergaben ein langsames Ansteigen des K-Wertes, bis nach 15 h der Ausgangswert wieder erreicht war.

Der Na-Wert im Blutplasma blieb während des ganzen Versuches fast konstant.

An 10 Hunden wurden Untersuchungen in Thiogenalnarkosen mit einer Praemedikation von nur Polamivet gemacht. In der Narkose sank der K-Wert im Blutplasma von 5,15 mval auf 3,82 mval, das sind 25,8% niedriger als der Ausgangswert, und es besteht hier somit ebenfalls Signifikanz. Nach 15 h war der Ausgangswert wieder erreicht.

Das Serumnatrium schwankte nur unbedeutend.

An 10 Hunden wurden in Halothannarkosen und der Praemedikation Combelen und Polamivet Untersuchungen gemacht. Der K-Wert im Plasma sank von 5,38 mval auf 4,89 mval, also um 9,2%. Die Differenz der K-Werte vor und in der Halothannarkose ist signifikant. Wie bei den anderen Narkosen erfolgte schon 2,5 h nach der Narkose ein leichtes Ansteigen des Serumkaliums (5,01), nach 4 h wurden schon 5,16 mval gemessen und nach 15 h war der Ausgangswert wieder erreicht.

Der Na-Wert zeigte keine bedeutenden Veränderungen.

An 10 Hunden wurden unter Halothannarkosen und der Praemedikation von nur Polamivet Untersuchungen gemacht. Der K-Wert sank in der Narkose von 5,02 mval auf 4,35 mval, also um 13,4%. Die Differenz der beiden K-Werte ist signifikant. Nach 15 h war der Ausgangswert fast erreicht. (4,97 mval).

Das Serumnatrium schwankte wie bei den anderen Untersuchungen nur geringfügig.

An 10 Pferden wurden in Halothannarkosen Untersuchungen gemacht. Dabei sank das K im Serum von 5,09 mval auf 4,71 mval, es lag damit um 7,5% niedriger als der Ausgangswert. Diese Differenz ist nicht signifikant.

Nach 15 h war der Ausgangswert wieder erreicht. Das Na blieb bei allen Untersuchungen fast konstant.

An 10 Pferden wurden Untersuchungen in Thiogenalnarkosen gemacht. Das Serumkalium sank in der Narkose von 4,89 mval auf 4,25 mval, das ist ein Absinken um 13,5%. Die Differenz dieser Werte ist nicht signifikant. Nach 15 h war der Ausgangswert wieder erreicht. Das Serumnatrium veränderte sich kaum.

An 10 Schweinen wurden Untersuchungen in Thiogenalnarkosen mit der Praemedikation Combelen gemacht. Der K-Wert sank in der Narkose von 5,302 mval auf 5,100 mval, das ist ein Absinken um 3,82%. Die Differenz dieser Werte ist nicht signifikant. Der Ausgangswert war schon nach 2,5 h nach der Narkose wieder erreicht.

An 10 Schweinen wurden Untersuchungen in Halothannarkosen mit Combelen-Praemedikation gemacht. Der K-Wert sank in der Narkose von 4,884 mval auf 4,067 mval. Damit liegt dieser Wert um 16,87% niedriger. Die Differenz dieser Werte ist nicht signifikant. Der Ausgangswert war nach 15 h fast wieder erreicht. (4,583 mval).

Die von mir ermittelte Verminderung des Kaliums im Serum, hervorgerufen durch Narkosen mit Thiogenal und Halothan, verglichen mit der Literatur, zeigt Übereinstimmung und Widerspruch.

Ein Absinken von K im Serum um 15% fanden Robbins und Pratt(53) bei Äthernarkosen. Biltstein (7) stellt eine postnarkotische Verminderung des Serumkaliums fest und Larson und Brewer(39) finden ein Absinken des K bei Narkosen mit Diallylbarbitursäure. Ebenso fand Fritsch,R.(20) einen K-Abfall bei Pferd, Rind und Hund unter Guajakolglyzerinäther.

Dagegen steht Adriani(2), der keine Auswirkungen der Vollnarkose auf den Serumkaliumspiegel feststellt, sowie E.Staib, R. Dietrich, A.Nast, M.Bernard und I.Staib(63). Letztere stellten zwar bei Äther- und Trapanalnarkosen ein Absinken des Serumkaliums fest, bei Halothannarkosen aber fanden sie eine signifikante K-Erhöhung im Plasma. Es ist jedoch schwer, das Ergebnis meiner Arbeit mit dieser zu vergleichen, da beide Arbeiten von verschiedenen Ausgangspositionen ausgehen.

Meine Untersuchungen wurden an Hunden, Pferden und Schweinen gemacht, während das genannte Kollektiv an Kaninchen arbeitete. (An Menschen werden nur 4 Untersuchungen angegeben.) Außerdem dauerten meine Halothannarkosen durchweg nur 30 Minuten, während die obigen Autoren die K-Werte in Narkosen von bis zu 4 h untersuchten.

Der Einfluß der Praemedikation mit Combelen und Polamivet auf die Serumelektrolyte Na und K ist sehr gering. In den einzelnen Versuchsreihen sah man keinen Unterschied, ob nur mit Polamivet oder mit Combelen und Polamivet praemediziert wurde.

Dieses Ergebnis zeigt Übereinstimmung mit der Arbeit K. Fouads (18), der ebenfalls keine Veränderungen von Na und K im Blutserum von Hunden während der Combelen-Polamivet-Narkose beobachtete.

Entgegen dem Verhalten des K in den Halothan- und Thiogenalnarkosen veränderte sich das Na in meinen Untersuchungen kaum. Hier finde ich keinen Widerspruch in der Literatur. Schäfer (54) fand, daß der Na-Spiegel durch Narkose und Operation wenig beeinflusst wird. I.Staib, R.Dietrich, A.Nast, M. Bernard, E.Staib (63) geben an, daß das Verhalten des Na bei Halothan-, Trapanal- und Äthernarkosen nur geringe Schwankungen aufwies, die alle im Bereich der methodischen Fehlerbreite lagen. Zum gleichen Ergebnis kam R. Fritsch (20). Er stellte während der Relaxation mit My 301 bei Pferd, Rind und Hund nur geringgradige Schwankungen des Serumnatriums fest.

Es wurde also somit generell in der Narkose mit Halothan und Thiogenal ein K-Abfall bei Hund, Pferd und Schwein gefunden, während der Na-Gehalt des Blutserums nur Schwankungen innerhalb der **methodischen Fehlergrenzen** unterlag.

Die Ursachen des K-Abfalls in der Narkose sind noch weitgehend ungeklärt. Durch die Verschiebung der Flüssigkeitsräume kann vermehrte Aldosteronausscheidung der NNR bewirkt werden. Das Aldosteron steuert die Ausscheidung der Elektrolyte über die Niere, indem es die Abgabe des Na vermindert und die des K steigert. Hypokaliämie wäre dann die Folge.

Ein anderer Grund des K-Abfalls kann die Wirkung des applizierten Narkotikums auf die Zellmembran selbst sein. Wenn das Narkotikum die Grenzmembranen der Zelle stabilisiert, wird der Austritt von K aus der

Zelle verhindert, und es kann zu einem Abfall des Serumkaliums kommen.

Schon durch die Ruhigstellung des gesamten Tieres durch die Narkose ist ein K-Abfall möglich, da nur bei der Erregung der Muskelfasern K freigesetzt wird.

Neben diesen könnten noch eine ganze Reihe unbekannter Faktoren zusammenspielen und die Veränderungen der Elektrolyte in der Narkose bewirken.

E. Zusammenfassung

1. Die über das Thema vorliegende Literatur wird besprochen.
2. Eine Tabelle der Normalwerte für Na und K wird zusammengestellt.
3. Die Aufgaben der Kationen K und Na im Organismus werden besprochen.
4. Die Bestimmungsmethoden der Kationen im Blutserum werden behandelt. Es wird festgestellt, daß die Flammenfotometrie eine Methode ist, die schneller und genauer, sowie einfacher zu handhaben ist als die chemischen Methoden.
5. Die Blutentnahme wird beschrieben. Anhand von Versuchen an Hunden wird bewiesen, daß das Serumkalium in hämolytischen Seren um 13,13% erhöht ist.
6. Die Methode zur Messung der Elektrolyte Na und K mit dem Flammenfotometer Beckman Instruments, Modell B wird angegeben.
7. Die Untersuchungsergebnisse werden statistisch geprüft.
8. Bei 40 Hunden werden die Serumelektrolyte Na und K unter Thiogenal- und unter Halothannarkosen mit der Praemedikation von Combelen und von Combelen-Polamivet untersucht.
9. An 20 Pferden werden die Serumelektrolyte Na und K unter Thiogenal- und Halothannarkosen mit der Praemedikation Combelen, Polamivet und My 301 untersucht.
10. An 20 Schweinen werden die Serumelektrolyte Na und K unter Thiogenal- und Halothannarkosen mit der Praemedikation Combelen untersucht.
11. Es wird festgestellt, daß bei allen untersuchten Tierarten ein K-Abfall in der Narkose zu verzeichnen ist, der beim Hund signifikant ist. Der Na-Gehalt des Blutserums unterliegt nur Schwankungen, die im Bereich der methodischen Fehlergrenzen liegen.

F. Schrifttumsverzeichnis

1. Abderhalden, E. - Zur quantitativen vergl. Analyse des Blutes,
Zschr.phys.chem. 23, 21-531 und 25, 64-115.
2. Adriani, J. 1941 - Curr.Res.Anaesth. 20, 109
3. Albritton, E.C. - Standard values in blood.
Philadelphia, London: 1952 Sanders.
4. Baur, H. - zit. nach Maurer und Hofmeister:
Die praktische Bedeutung des Wasserelektrolyt-
haushaltes in der chirurgischen Behandlung.
Ferd.Enke-Verl.Stuttg., 1958
5. Beckemeier, H. - Deutsche Tierärztliche Wschr. 1962, 69. Jhg. Nr. 9
6. Berning, H. - Münch. Med. Wschr., 1955, Nr. 35
7. Biltstein - Rev. belg. sc. med. 1937, 10, 371,
zit. nach Maurer und Hofmeister, s.o.
8. Blanchetiere, A. - zit. nach Brix, H.: Na-, K-, Ca- und Mg-Bestimmung
und Cardot, H. im Gesamtblut von gesunden und kranken Pferden.
Vet.Diss., Leipz., 1933
9. Bland, J.H. - Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes
G.Thieme, Stuttg., 1959
10. Brix, H. - Natrium-, Kalium-, Calcium- und Magnesiumbestim-
mung im Gesamtblut von gesunden und kranken
Pferden.
Vet.Diss., Leipz., 1933
11. Brüggemann, J. - aus Scheunert-Trautmann: Lehrbuch der Veterinär-
physiologie.
P.Parey, Berlin und Hamburg, 1957.
12. Brüning, P. - Bestimmungen des K-Gehaltes im Blutserum und
in der Lymphocerebrospinalflüssigkeit bei
Pferden.
Vet.Diss., Hann. 1956
13. Bunge, G.v. - Zschr.Biol. 12, 191, 1876
14. Dresselhaus, F. - Flammenfotometrische Kalium- und Natriumbe-
stimmung im Serum von Saug- und Absatzferkeln.
Vet.Diss., Hannover, 1961
15. Eisenhardt, A. - Flammenfotometrische K-Bestimmung im Serum
von Schweinen.
Vet.Diss., Hannover, 1954
16. Fleckenstein, A. - Der K-Na-Austausch als Energieprinzip in
Muskel und Nerv
Springer-Verlag, Berl.Gött.Heidelbg., 1955

17. Fleischer, W.u. - Elektrolytkompendium
Fröhlich, E. B.Schwabe, Stuttg./Basel, 1960
18. Fouad, K. - Die Einwirkung von Combelen und Polamivet
auf das Blutbild des Hundes.
Berl.Münch.Tierärztl.Wschr.76, 148-151
19. Fredwurst und - zit. nach Sander: Flammenfotometrische K-Be-
Männchen stimmung im Blutserum gesunder Rinder, Pferde
und Schafe.
Vet.Diss., Hann. 1956
20. Fritsch, R. - Die Eignung des Guajakolglyzerins zum medi-
kamentösen Ablegen von Pferd und Rind und
zur Dauerrelaxation in der Tetanustherapie.
Habil. Schrift München 1963
Zbl. Vet.-Med. 1965
21. Gafner, P. - Über den Natrium- und Kalium-Gehalt des Blut-
plasmas einiger Haustiere sowie den Einfluß
peroraler Na- und K-Verabreichung auf den Ge-
halt dieser Elemente im Blut der Ziege.
Vet.Diss., Bern 1955
22. Garnall, A.G. - J.Biolog.Chem., 177, 751 (1949)
Bardawill, C.J.
and David, M.M.
23. Graul, E.H. und - Mitt. zur Methode der Kalium- und Calciumbe-
Rausch, L. stimmungen.
Ärztl.Wschr. 35/36, 564, 1949
24. Hadorn, W. und - Störungen der Kaliämie und ihre klinische
Riva, G. Bedeutung.
Schweiz.Med.Wschr. 81, 761-767 und 792-796
25. Hegedüs, M. - Bestimmungen von Na und K im Blutserum für
Mikromengen.
Ref.Ber.Physiol. 124, 327, 1941
26. Haubner, zit. - Die flammenfotometrische Bestimmung des Na-,
nach Klaus, H. K- und Ca-Gehaltes im Serum von gesunden,
graviden und laktierenden Hunden.
Vet.Diss., Leipz. 1955
27. Heiduschka, H. - Fotometrische Methoden zur Bestimmung des
und Ober, H. K-Gehaltes im Blut.
Biochem.Z. 292, 191, 1937
28. Heine, W. - Beitrag zur flammenfotometrischen K- und
Na-Bestimmung im Serum von Hunden.
Vet.Diss., Hann. 1959

29. Herrmann, R. - Flammenfotometrie
Springer Verl. Berlin-Gött.-Heidelb.
30. Hinsberg, K. und Berendt 1954 - zit. nach Heine (Nr. 28)
31. Holley und Carlson - zit. nach Fleischer, W. und Fröhlich, E. (Nr. 17)
32. Klaus, H. - Die flammenfotometrische Bestimmung des Na-,
K- und Ca-Gehaltes im Serum von gesunden, gra-
viden und laktierenden Hunden.
Vet.Diss., Leipz. 1955
33. Klare, K.H. - Das Deutsche Gesundheitswesen
15.Jhg. 1/25-28
34. Kment, A. - K-Bestimmung im Serum von Haustieren.
Wien, Tierärztl.Monatsschr. 7, 398, 1949
35. Köhler, G. - Flammenfotometrische Untersuchungen auf Na
und K im Serum gesunder und urämischer Hunde.
Vet.Diss., Berlin, 1961
36. Kolatschny, R. - Bestimmung des K-Gehaltes im Serum wurm-
kranker Pferde.
Vet.Diss., Hann. 1948
37. Kornberg, L. - Flammenfotometrische Bestimmungen des Na-
Gehaltes im Blutserum bei klinisch gesun-
den und kranken Pferden.
Vet.Diss., Hann. 1957
38. Kramer, E. und Tisdall, F. - zit. nach Sander: Flammenfotometrische K-Be-
stimmung im Blutserum gesunder Rinder, Pferde
und Schafe.
Vet.Diss., Hann. 1956
39. Larson, P.S. und Brewer, G. - On the relation of potassium to the blood
pressure response to epinephrine.
Ref.Ber.Physiol. 23, 660, 1938
40. Leuthardt, F. - Lehrbuch der physiologischen Chemie.
Verl. Walter de Gruyter und Co., 14.Aufl. 1959
41. Maurer, G. und Hofmeister, L. - Die praktische Bedeutung des Wasser-Elek-
trolyt-Haushaltes in der chirurgischen Be-
handlung.
Ferd.Enke-Verl. Stuttg., 1958

42. Meyer, M. - Die Bedeutung der Elektrolyte für Anaesthe-
sie und postoperative Therapie.
Anaesthesist, 1960, 1, 1-6
43. Möller, H.C. - Wasser- und Elektrolyt-Haushalt unter Koch-
salzentzug.
VEB Marhold-Verl. Halle, 1957
44. Morgulis, S. und- Chemical changes in the blood during fasting
Bollmann, R. and sequent refeeding.
Jahresber.Vet.Med.48, 124-125
45. Naegili, H.R. - zit. nach Maurer, G. und Hofmeister, L. (Nr. 41)
46. Neumann, H. - Untersuchungen über den K-Gehalt des Blutserums
und Harns von Pferden.
Vet.Diss., Hann. 1939
47. Nicol, H.W. - Der Serumkochsalzspiegel gesunder Hengste.
Vet.Diss., Gießen, 1963
48. Norberg, B. - zit. nach Sander: Flammenfotometrische K-Bestim-
mung im Blutserum gesunder Rinder, Pferde
und Schafe.
Vet.Diss., Hann. 1956
49. Norinder, E. - Biochem.Z.292, 168, (1938)
50. Pigor, E. - Zur flammenfotometrischen Bestimmung von Ca,
Na und K im Blutserum.
Vet.Diss., Gießen, 1954
51. Rappaport, F. - zit. nach Sander (Nr. 60)
52. Rieben, W.K. - Über die K-Bestimmung in biologischen
Substanzen.
zit. nach Kment (Nr. 34)
53. Robbins und - Ether anaesthesia changes in the serum potassium
Pratt content, during and following anaesthesia.
Ref.Ber.Physiolog. 93, 660, 1935
54. Schäfer, H. - Die Einwirkungen von Narkose und Operations-
trauma auf den Wasser- und Mineral-Haushalt.
Anaesthesist, 1958
55. Schazillo, W.A. - zit. nach Heine (Nr. 28)
und Konstanti-
nowskaja, D.Ch.

56. Scheweljowa, W. - zit. nach Dresselhaus (Nr. 14)
57. Schütz, W. - Flammenfotometrische Untersuchungen von Ca, Na und K im Blutserum der Haustiere. Vet.Diss., Gießen 1954
58. Schwab, M. - Elektrolyt- und Flüssigkeitstherapie Anaesthesist 1961 H. 11
59. Schwab, M. und Kühns, K. - Die Störungen des Wasser- und Elektrolytstoffwechsels Springer Verl. Berl./Gött./Heidelb.
60. Sander, B. - Flammenfotometrische K-Bestimmung im Blutserum gesunder Rinder, Pferde und Schafe. Vet.Diss., Hann. 1956
61. Snedecor, G.W. - Statistical methods. The Iowa State College Press, Amer.Iowa, fifth Edition, 1956
62. Snively, W. und Sweeny, M. - Elektrolyt- und Wasserhaushalt. Urban und Schwarzenberg, München-Berlin 1958
63. Staib, E., Dietrich, R., Nast, A., Bernard, M. und Staib, I. - Elektrolytveränderungen bei Narkosen mit Halothan im Vergleich mit Pentotal und Äther. Arzneimittelforsch. 11, 1961, 1060-1066
64. Staib, I., Bernard, M., Kirchner, E., Maurath, J. und Müller, W.H. - Elektrolytuntersuchungen bei Halothannarkosen Anaesthesist 1961, 11, 330-334
65. Stämpfli, W. - Der heutige Stand der Erregungsleitung im Nerven. Autoref.Schweiz.Med.Wschr.81, 823, 1954
66. Steinmetzer, K. - Pharmakologie für Tierärzte Verlag Urban und Schwarzenberg, Wien/Innsbruck 1955
67. Weichselbaum, T.E. - Am.J.Clin.Pthol., 10, 40, 1946
68. Westhues, M. und Berge, E. - Tierärztliche Operationslehre Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 1961

G. Lebenslauf

Am 7.9.1940 wurde ich als Sohn des Hotelgeschäftsführers Hans Müller und seiner Ehefrau Margarete geb. Marquardt in Halberstadt am Harz geboren.

Die Volksschule, sowie die Oberschule besuchte ich in Halberstadt. Nach der Reifeprüfung im Juli 1958 flüchteten wir in die Bundesrepublik. In Erlangen habe ich dann einen 6-monatigen Kursus für Abiturienten aus der SBZ zwecks Anerkennung des Reifezeugnisses mitgemacht.

Seit 1.11.1959 studierte ich an der Universität München.

Am 14.7.1964 bestand ich die Tierärztliche Prüfung.

Vom 1. August - 1. November 1964 war ich als Praktikant bei Herrn Dr.R. Seiderer in Niederbayern tätig. Darauf folgten 3 Monate Praktikantenzeit in der Chirurgischen Universitätstierklinik, wo ich am 1. Februar 1965 Assistent wurde. Meine Bestallung als Tierarzt erhielt ich am 1. Februar 1965.

Herrn Priv. Doz. Dr. R. Fritsch möchte ich hiermit für die Überlassung des Themas und die mir jederzeit gewährte Hilfe und Unterstützung herzlich danken. Besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. M. Westhues, der mir mit Rat und Tat bei der Durchführung dieser Arbeit behilflich war.

